

Редакционный совет

Бернацкий В.О. - д-р философ. наук,
Бумагин Г.И. - д-р техн. наук,
Власов В.Г.,
Волков В.Я. - д-р техн. наук,
Долгих В.Т. - д-р мед. наук,
Евстифеев В.В. - д-р техн. наук,
Ковалев Ю.З. - д-р техн. наук,
Кононов А.В. - д-р мед. наук,
Майстренко В.А. - д-р техн. наук,
Потапов В.И. - д-р техн. наук,
Рой О.М. - д-р экон. наук,
Стерлягов А.М.
Хомченко В.Г. - д-р техн. наук,
Шпалтаков В.П. - д-р экон. наук,
Юминов В.Г.

Учредители

Администрация города Омска,
ОмГТУ,
ОГМА,
Институт мировой экономики "СибЭКО",
ОАО "ОМКБ"

Главный редактор
Н.С. Жилин

д-р техн. наук

Зам. гл. редактора

В.И. Трушляков

Ответственный секретарь

Г.И. Евсеева

Редактор Т.Н. Капустина

Компьютер. верстка -

В.С. Гуринов

Макет - *А.И. Игнатова*

Издательство ОмГТУ

ЛР N 020321 от 28.11.96

644050. г.Омск. пр. Мира. 11

Отпечатано в

типографии ОмГТУ

Подписано в печать 3.11.97

СОДЕРЖАНИЕ

Читателям и издателям "Омского научного вестника" <i>Л.К. Полежаев</i>	2
К читателю <i>Н.С. Жилин</i>	3
ГОРОД И НАУКА - ПУТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	
Научный потенциал Омска - основа развития города. <i>А. М. Стерлягов</i>	4
Экологические проблемы Омска. <i>В.Т. Семеняк</i>	5
Быть ли г.Омску научно-техническим центром нефтегазового машиностроения? (Интервью с В.В. Жильцовым)	7
Анализ научно-технических приоритетов программы "СибВПКнефтегаз-2000". <i>В.В. Жильцов</i>	9
МАТЕМАТИКА	
Математическое моделирование процессов открытого динамического баланса Леонтьева. <i>С.Н. Чуканов</i>	12
Метод функционалов Ляпунова для линейных гиперболических систем с двумя независимыми переменными. <i>Е.В. Воробьева, Р.К. Романовский</i>	14
Полисистемная методология о роли геометрии в науке и образовании. <i>Л.Г. Сизикова, В.П. Сизиков</i>	15
Особенность преобразования объектов в дискретном пространстве. <i>Ю. А. Рогоза</i>	17
ФИЗИКА	
Динамический хаос: задача о нелинейном осцилляторе во внешнем электрическом поле. <i>С.А. Минабудинова</i>	20
Эволюция тонкой структуры карбида вольфрама в твердых сплавах системы WC-C при воздействии мощным ионным пучком. <i>Г.И. Геринг, Н.П. Калистратова, К.Н. Полещенко, З.Н. Овчар</i>	21
Изменение свойств тонкопленочных сверхпроводников воздействием лазерного излучения. <i>В.Н. Лиссон, Л.Ф. Калистратова, Э.М. Ярош, В.И. Суриков</i>	24
Термостимулированная проводимость кристаллов дийодида ртути, выращенных из раствора и газовой фазы. <i>В.М. Залетин, О.В. Кривозубов, В.И. Фомин</i>	26
Вязкоупругие свойства наполненного политетрафторэтилена в высокоэластичном состоянии. <i>О.В. Кропотин, В.И. Суриков, В.А. Федорук</i>	28
МЕХАНИКА	
Научные основы общей теории работоспособности элементов машин, приборов и аппаратуры. <i>В.А. Наумов</i>	31
Обоснование технологии восстановления эксплуатационных свойств деталей машин и аппаратов. <i>Ю.Н. Вивденко</i>	33
Перспективные направления структурного синтеза уравновешивающих устройств с рычажными механизмами. <i>В.Т. Швецов</i>	35
Кинематический синтез р-механизмов по положениям звеньев. <i>В.Г. Хомченко</i>	39
Метод синтеза механизмов по заданной точности положения их выходных звеньев. <i>И.Н. Борисенко</i>	41
Алгоритм построения коромысло-ползунного механизма третьего класса с приближенным выстоем выходного звена. <i>В.Ю. Соломин</i>	43
РАДИОЭЛЕКТРОНИКА	
Проблемы разработки автоматизированных измерительных систем для скоростных изделий электронной техники. <i>Н.С. Жилин, В.А. Майстренко, А.В. Никонов</i>	45
Импульсный генераторный канал автоматизированных измерительных систем. <i>А.В. Никонов, К.Р. Сайфутдинов, Г.В. Никонова</i>	48
Моделирование аналитическим сигналом радиоимпульса с прямоугольной огибающей. <i>И.Д. Золотарев</i>	52
МЕДИЦИНА	
Эпилепсия. Ориентиры практики. Исследовательские приоритеты. <i>Ю.Н. Савченко</i>	56
Острое нарушение пуринового обмена. <i>В.Д. Конвай</i>	58
Проблемные вопросы гинекологии: причины возникновения и врачебная тактика при псевдоэрозии шейки матки. <i>Е.Б. Рудакова</i>	61
Эпидемиологические аспекты медицинской экологии. <i>В.В. Далматов</i>	65
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Низкие температуры в медицине. <i>А.А. Гладенко, Е.А. Бабенко</i>	68
Опыт разработки волоконно-оптических датчиков и логических оптических элементов. <i>В.Г. Юминов, А.А. Болотюк, В.И. Романько</i>	69
Высококачественный проект - основа конкурентоспособной продукции. <i>В.И. Глухов</i>	72
О некоторых программных продуктах фирм DELCAM и INTERGRAPH. <i>И.Н. Пергун, С.П. Шамец, А.Г. Янишевская</i>	74
ЮБИЛЕИ	
Этапы развития Омского машиностроительного конструкторского бюро (ОМКБ) за полувековой период. <i>А.А. Кульков</i>	76
Омскому государственному техническому университету - 40 лет. <i>Т.Н. Капустина</i>	78
ИНФОРМАЦИЯ	
Защита диссертаций в Омске	



Дорогие друзья!

Среди периодических изданий Омской области появился новый журнал, призванный способствовать по замыслу учредителей раскрытию научно-технического потенциала региона и использованию этого потенциала для решения актуальных экономических, социальных и политических проблем.

Не просто калейдоскоп публикаций, интересных для ограниченного круга специалистов, не только сообщения о наиболее значимых, перспективных и конкурентоспособных образцах продукции омских предприятий, но и проблемные статьи, посвященные вопросам реформирования экономики региона, системы образования, здравоохранения и социальной сферы, сопровождаемые аргументированной полемикой. - таким видится в будущем стиль "Омского научного вестника".

Хочется, чтобы рубрики, содержащие тематические подборки материалов по отдельным научным направлениям, посвященные знаменательным датам и важным событиям, аннотированная информация о выставках, конференциях, научных и технологических разработках, тематика представляемых к защите диссертаций, "полигон" для пробы пера молодых авторов, делающих первые шаги в науке, нашли свое постоянное место на страницах нового издания.

Претворение в жизнь столь масштабного проекта было бы невозможно без кропотливой повседневной работы всего коллектива авторов, редакторов и издателей, которые вправе рассчитывать в своем добром начинании на поддержку со стороны Администрации области.

Определенных усилий потребует "Омский научный вестник" и от вас, дорогие читатели, так как он призван способствовать возрождению старых традиций вдумчивого, обстоятельного, неторопливого чтения, в результате которого формируется собственная точка зрения, способность к анализу и вкус к науке, а также чувство гордости за своих земляков, укрепляющих авторитет лучших омских научных школ.

Именно такой журнал, на мой взгляд, будет интересен широкому кругу читателей, уверенно займет особое место в пестрой палитре нынешней периодики и достойно представит все то разумное, самобытное и прогрессивное, чем так богата сибирская земля.

Л. Полежаев,
Глава Администрации
(Губернатор) Омской области

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Л. Полежаев". The signature is fluid and cursive, written in a dark ink on a light background.



Дорогой читатель!

Несмотря на сложное положение, сложившееся в отечественной науке, в последнее время стали появляться новые научные журналы, издаваемые вузами, институтами Российской академии наук, общественными академиями и отраслевыми научными организациями. Омичи уже познакомились с журналами государственного университета, аграрного университета и другими, каждый из которых стремится освещать успехи ученых вузов города.

В связи с этим возникает целесообразность выпуска "Омского научного вестника". Предлагаемый вашему вниманию журнал издается ассоциацией учредителей и призван отражать многогранную научную жизнь Омска.

Надеюсь, что "Омский научный вестник" найдет своего заинтересованного читателя, не безразличного к развитию отечественной науки.

Приглашаю вас, дорогие читатели, на страницах журнала обсуждать наиболее значимые проблемы, касающиеся различных сфер научной деятельности, экономики, медицины, образования, новых промышленных технологий и т. д. Хочется верить, что знакомство с авторами публикаций этого выпуска и последующих позволит выстроить собирательный образ современного ученого - гражданина, преобразователя своей Родины.

Н. С. Жилин,
Главный редактор журнала
"Омский научный вестник"

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and a long horizontal stroke at the bottom, characteristic of the signature of N. S. Zhilin.

НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОМСКА - ОСНОВА РАЗВИТИЯ ГОРОДА

А.М.Стерлягов

Первый заместитель главы городского самоуправления

Развитие современной цивилизации показывает, что научный потенциал может стать основой создания стабильной и надежной экономики. Городская администрация разделяет эту точку зрения и стремится на нее опереться.

Давая оценку сложившейся ситуации, необходимо подчеркнуть, что несмотря на все трудности сегодняшнего дня Омск был и, есть уверенность, останется одним из наиболее значительных индустриальных центров России. Но обстановка не простая. В ходе экономических преобразований предприятия практически всех отраслей снизили объемы промышленного производства. Отсутствует даже относительная стабилизация. Положение усугубляется тем, что и в топливной промышленности, и электроэнергетике, дающих более половины (67 %) объема произведенной продукции, уменьшаются объемы производства.

Первыми признаками возможного улучшения ситуации является некоторое оживление в машиностроении, в том числе в тракторном и сельскохозяйственном, выпуске бытовых приборов, где объемы производства за первое полугодие увеличились на 3,3 %. В ходе реализации программы "СибВПКнефтегаз -2000" возрос выпуск продукции в химическом и нефтехимическом машиностроении. Выполнение договоров на экспорт позволило резко (в 1,7 раза) увеличить производство военной продукции.

Продвижению омской продукции на мировой рынок вооружения, налаживанию взаимодействия между товаропроизводителями и поставщиками военной техники, установлению новых контактов с иностранными заказчиками способствуют ставшие традиционными ярмарки продукции омских предприятий военно-промышленного комплекса, организованные закрытым акционерным обществом "Международный выставочный центр "ИнтерСиб", созданным администрацией города. Выставки показали, что удалось хотя бы частично сохранить временно не востребованные наиболее ценные элементы производственного и научно-технического потенциала предприятий военно-промышленного комплекса, в том числе квалифицированные кадры, технологии, экспериментальную базу и производственные мощности, продолжить разработку новейших образцов вооружения и военной техники.

Городская администрация постоянно ведет поиск новых форм поддержки предприятий: им оказывается помощь в виде налоговых льгот, приема в муниципальную собственность жилья и объектов соцкультбыта, размещения заказов для предприятий городского хозяйства, погашения задолженности путем взаимозачетов, реструктуризации долгов. Начиная с 1991 года в муниципальную собственность принято 1,6 млн.м² жилья, 158 детских дошкольных учреждений, 3 школы, 13 Дворцов

культуры, 2 стадиона, 18 детских клубов. Город выступил одним из инициаторов создания межрегиональной целевой программы "СибВПКнефтегаз - 2000" и частично финансировал ее разработку.

Повседневно укрепляются связи с научными коллективами. Широкий круг ученых-экологов принял участие в создании экологического статуса города, подготовке Закона Омской области "Об административной ответственности юридических лиц за нарушение требований водного и атмосферного законодательства в Омской области". Ученые привлекаются к экспертизе инвестиционных проектов, подготовке нормативных актов городского самоуправления, в том числе по совершенствованию структуры управления. С участием представителей высших учебных заведений разработан жилищный заем, вексельное обращение.

Учитывая необходимость применения экономико-математических методов при анализе и прогнозировании ситуации, администрация города приняла заинтересованное участие в организации международной конференции "Проблемы оптимизации и экономические приложения." Удачным примером содружества с наукой служит разработанное департаментом экономики Положение о местных налогах и сборах, которое позволило значительно укрепить финансовую основу местного самоуправления. Ситуация динамично изменяется, и сегодня обсуждается концепция налоговой политики городского самоуправления, основы тарифной политики, направленной на стимулирование всех видов хозяйственной деятельности на территории города.

Началась реализация ряда направлений налоговой политики, повышающих инвестиционную привлекательность города, снижающих налоговую нагрузку в первую очередь с промышленных предприятий. К поиску путей энергосбережения подключены специалисты Академии транспорта.

Определяются формы совместных действий с товаропроизводителями. Формируется новая инвестиционная политика, включающая в себя создание благоприятных условий по привлечению на территорию инвестиций банков, населения, размещение муниципальных займов, создание зоны экономического благоприятствования Крутая Горка (с участием представителей науки). Поиск продолжается.

Мы надеемся, что городской журнал "Омский научный вестник" внесет свой вклад в решение перечисленных проблем. Научных исследований требуют хозяйственно-экономические аспекты деятельности отраслей городского хозяйства. Администрация города остро нуждается в независимой экспертизе, анализе и прогнозе деятельности предприятий различных отраслей

промышленности. В новых подходах нуждается подготовка специалистов в области экономики городского хозяйства. Журнал может стать хорошим помощником в отработке методов исследования и прогнозирования экономической ситуации, предоставить консультационные услуги.

Ожидается, что вклад "Омского научного вестника" в создание новой открытой информационной среды для промышленности города будет весомым и поможет выйти за рамки региона, создать свою информационную "нишу". Возможно создание единого информационного

пространства, в том числе на основе муниципальных информационных систем.

Одним из первых шагов в этом направлении является организация конкурса на лучший проект (модель) сервера "Омск- информационный" в рамках выставки "Компьютер-97".

Мы уверены, что общими усилиями, используя научный потенциал, удастся сначала сохранить, а затем и поднять на новую ступень отечественное производство.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОМСКА

В.Т. Семеняк

Государственный комитет по охране окружающей среды Омской области

Город Омск представляет собой уникальное явление на территории России. В нем проживает большая часть населения области и сосредоточено до 95 процентов народнохозяйственных объектов. Промышленность представлена крупным комплексом по переработке нефти, производству технического углерода, каучука, шин, ионообменных смол и разнообразных химических продуктов; машино- и приборостроительным комплексом (более 20 крупных предприятий); строительной индустрией; предприятиями по переработке сельскохозяйственного сырья и продуктов; мощным энергетическим хозяйством (почти 250 объектов большой и малой мощности); развитой коммунально-бытовой инфраструктурой. Территория города насыщена объектами автомобильного, железнодорожного, речного и авиационного транспорта. Реки Иртыш и Омь пересекают многочисленные трубопроводные магистрали. В результате областной центр формирует практически все загрязнение Омской области (93 процента по выбросам и 98 процентов по сбросам загрязняющих веществ) и прочно занимает место в первом десятке городов России по уровню загрязнения атмосферного воздуха и объему загрязненных сточных вод.

Необходимость оздоровления экологической обстановки назрела давно, так как постоянно ухудшаются показатели здоровья населения, отмечается рост сердечно-сосудистых, легочных и злокачественных заболеваний. В настоящее время экологическая обстановка в определенной мере стабилизировалась. Но проблемы остаются. В Омске трудно дышать, тревогу вызывает состояние водоемов, лесоохранных зон, застроек и окраин города, захлапленных бытовыми и промышленными отходами. Низко качество питьевой воды.

На экологические проблемы стали обращать внимание 15-20 лет назад. Так, в 1982 году центральными

органами страны было принято Постановление № 863 "О неотложных мерах по предотвращению загрязнения воздушного бассейна и водоемов г. Омска", а в 1984 году разработана территориальная комплексная схема охраны природы города Омска. Этой проблеме был посвящен ряд сессий местных Советов, в том числе совместная сессия областного и Омского городского Советов народных депутатов 1990 года "Об экологической обстановке в области и неотложных мерах по ее оздоровлению". Сессия обратила внимание на кризисную обстановку в Омске, приняла программу выхода из сложившейся чрезвычайной ситуации, наметив практические мероприятия регионального, муниципального и отраслевого характера: вынос международного аэропорта за город, строительство окружной дороги с мостом через Иртыш, прокладку метрополитена, строительство завода по производству гравия из золошлаковых отвалов и полигона по утилизации и захоронению отходов, перевод источников теплоснабжения и многих технологических процессов на природный газ, сооружение на предприятиях систем оборотного водоснабжения и очистки воды, вынос предприятий из селитебной зоны, вывод из эксплуатации морально и физически устаревших установок на предприятиях нефтехимии.

После выхода Закона РФ "Об охране окружающей природной среды" руководители предприятий и специалисты соответствующего профиля стали более уважительно относиться к требованиям закона и экологическим проблемам. Тем более что совершенствуются экономические механизмы природопользования и реализуется принцип "загрязнитель платит". Основным механизмом регулирования природоохранной деятельности и рычагом воздействия стала плата за сбросы загрязняющих веществ, образование отходов, выбросы (даже при низких размерах

штрафов, неадекватности тарифов оплаты затрат на природоохранную деятельность). Весомым элементом финансирования природоохранных мероприятий являются экологические фонды. Ежегодно из городского фонда выделяется несколько миллиардов рублей. Немного лучше стали решаться вопросы экологического образования, воспитания, информированности населения о состоянии окружающей природной среды, экологических проблемах и ходе их решения, деятельности природоохранных органов и их взаимодействии с общественными экологическими движениями.

Однако необходимо отметить, что трудности в решении экологических проблем не уменьшаются. В Омске практически нельзя ничего строить, так как городские биологические очистные сооружения давно исчерпали свои возможности как по мощности, так и качеству очистки. Мы получаем воду в реках Иртыш и Омь с сопредельных территорий довольно загрязненную и еще добавляем загрязняющие вещества. Пути решения этой проблемы видятся в снижении водопотребления, строительстве локальных очистных сооружений, содержании инженерных сетей в исправном состоянии.

По-прежнему проблемой номер один остается загрязнение атмосферного воздуха. И хотя валовые выбросы от стационарных источников сократились по сравнению с 1990 годом более чем на одну треть (с 410 до 278 тысяч тонн), для атмосферы города характерны устойчивые загрязнения пылью, формальдегидом, ацетальдегидом, аммиаком, фиксируется превышение предельно допустимых концентраций по фенолу, бензолу, хлористому водороду и ряду других специфических веществ. Увеличились объемы загрязнений от передвижных источников: число личных автомобилей в Омске за последние годы выросло в два раза. Качество автомобилей оставляет желать лучшего, не изменяется сеть дорог с интенсивным движением. Улучшение ситуации видится в ужесточении контроля за соблюдением технологических режимов, работой газоочистного оборудования, в дальнейшей газификации автомобилей, в переводе автотранспорта на неэтилированный бензин, но с меньшим, чем сегодня, содержанием ароматических углеводородов.

Все острее становится проблема переработки промышленных (ежегодно их образуется около 5 миллионов тонн) и бытовых отходов (что прежде всего связано с увеличением массы упаковочных материалов). Горящие свалки стали основными источниками диоксинового отравления воздуха, потому что при низкой температуре

горят хлорсодержащие пластмассы, образуя диоксины, фураны - самые токсичные вещества, вызывающие общее отравление и наследственные изменения в организме. Окружающей среде наносится двойной ущерб: во-первых, из экологического и хозяйственного оборота изымаются большие территории, во-вторых, относительно безобидные шлаки и шламы загрязняют грунтовые, подземные и, конечно, поверхностные воды. Принято постановление о более широком использовании зол теплоэлектроцентралей в строительстве.

Ухудшаются санитарно-гигиенические качества зеленых насаждений в Омске, так как они имеют возраст 30-40 лет и более. К тому же четко просматривается концепция сокращения площадей озеленения и изъятия их под застройку. Часть зеленых насаждений гибнет, не выдерживая ухудшившихся экологических условий, часть вырубается под строительство личных гаражей и погребов.

Мы породили проблему радиационной безопасности за счет завоза в город материалов, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, преступно-халатного отношения к использованию, хранению и утилизации источников ионизирующего излучения. Необходимо более быстро и качественно вести работу по изучению радиационной обстановки, изъятию утерянных источников, реабилитации радиационно загрязненных территорий.

К сожалению, сегодня ослаблен ведомственный контроль на предприятиях за соблюдением экологической безопасности, снизились возможности аналитического контроля. Отсутствие средств на предприятиях привело к тому, что природоохранные объекты не поддерживаются в нормальном состоянии, изнашиваются.

Изменившиеся политические и экономические условия требуют нового подхода к проблемам окружающей среды. С этой целью по инициативе администрации города с участием представителей Госкомэкологии области, здравоохранения, вузов и других организаций проведена оценка экологического состояния территории и здоровья населения города, разработан проект Федеральной целевой программы по оздоровлению экологической обстановки и населения на 1998-2010-е годы. Эти материалы должны еще пройти государственную экологическую экспертизу, рассмотрение и утверждение на федеральном уровне. Предстоит очень большая работа по реализации программы. Она потребует участия органов исполнительной власти, предприятий и организаций, природоохранных органов и каждого омича.

БЫТЬ ЛИ ОМСКУ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ЦЕНТРОМ НЕФТЕГАЗОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ?

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ЦЕЛЕВАЯ ПРОГРАММА "СИБВПКНЕФТЕГАЗ-2000"

В 1996 году в Омске была утверждена межрегиональная целевая программа "Создание и развитие производства конкурентоспособного импортозамещающего нефтепромыслового оборудования, систем и приборов для нефтегазодобычи и сопутствующих процессов на базе конверсионных предприятий ВПК на 1996-2000 годы" - СибВПКнефтегаз-2000. На протяжении двух лет изучением потребностей для нефтяников и газовиков Сибири и возможностей предприятий Омска и других регионов, разработкой Программы занимались специалисты компании ЮКОС-Сибирь, комитетов Законодательного собрания и администраций Омской области и города Омска. Изначально участие в работе над Программой приняли крупнейшие нефтедобывающие акционерные общества Юганскнефтегаз, Ноябрьскнефтегаз.

С Программой связываются надежды на преобразование экономики Западной Сибири, поскольку она дает возможность решать вопросы перевооружения сибирского нефтегазодобывающего комплекса, сохранить имеющиеся и ввести в эксплуатацию дополнительные производственные мощности, создать новые рабочие места. Один из авторов Программы Валерий Жильцов считает, что она жизнеспособна.



Валерий Васильевич Жильцов - заместитель генерального директора компании ЮКОС-Сибирь, координатор программы СибВПКнефтегаз-2000, кандидат технических наук, заслуженный изобретатель РФ. Более 30 лет работал в оборонно-промышленном комплексе в качестве заместителя директора по научной работе Омского НИИ двигателей.

Ред.: Не опасаетесь ли Вы срыва Программы вследствие нестабильности экономики?

В.Ж.: Гарантий в сложившейся экономической ситуации дать нельзя. Но надо жить и бороться. Сибирь - сапожник без сапог. Отсюда вывозится сырье на сотни миллиардов рублей, добывается 70 % нефти и газа, а нет своего нефтегазового машиностроения. Нефтяники крайне нуждаются в переходе на новые технологии нефтегазовзвлечений, а это сотни наименований нового оборудования. В глубинной части страны ставку делали на военно-промышленный комплекс, а нефтегазовое оборудование изготавливалось в Азербайджане, на Украине, отчасти в центральной части России и на Урале. Сейчас мы должны исправить этот перекося. Везти оборудование из Сан-Франциско, Хьюстона или даже из Краснодара, Санкт-Петербурга намного дороже, чем производить его здесь, в Сибири. Это обстоятельство, а также наличие громадных простаивающих мощностей предприятий бывшего ВПК и побудили заняться становлением нефтегазового машиностроения в Омске. И здесь без делового союза машиностроителей и нефтяников не обойтись.

Ред.: Какая роль отводится вузам в осуществлении Программы?

В.Ж.: В Омской области специалистов-профессионалов по нефтегазовому оборудованию нет. Концепция образовательного направления составлена таким образом: на первом этапе организовываются курсы переподготовки инженеров, которые будут проходить краткосрочную специализацию, смогут получить знания в области нефтегазовых технологий, изучить специфику проектирования, эксплуатации нефтегазового оборудования. Эту переподготовку планируется вести на базе технического университета. На следующем этапе планируется другая форма подготовки - получение второго высшего образования. Эту подготовку планируется открыть через год. И наконец, на третьем этапе Программы, когда будет налажено массовое производство и потребуются много специалистов, в ОмГТУ начнется подготовка инженеров по новым специальностям.

Ред.: Как будет финансироваться эта часть Программы?

В.Ж.: Это самый тяжелый вопрос. Конечно.

говорить о том, что появились деньги и мы открываем курсы, еще преждевременно. Сейчас решаются вопросы приоритетного инвестирования, финансирования нескольких десятков так называемых пилотных проектов. Необходимо открывать кредитные линии. Работа в этом плане ведется очень напряженная.

Заводы начнут выпускать оборудование, тогда мы сможем решать вопрос об организации краткосрочных курсов. На первом этапе предприятия, может быть, что-то отчислят на переподготовку. А дальше, с расширением производства, увеличатся объемы продаж, появятся средства. Сейчас мы на старте.

Ред.: Есть перспектива, что осенью 1997 года появится возможность открыть курсы переподготовки?

В.Ж.: То, что это задача 1997/98 учебного года, точно. И это не пустые слова. В конце первого полугодия 1997 г. в стадии заключения находилось 88 договоров на сумму 137 млрд. рублей, в которых задействованы 14 омских и 11 основных нефтегазодобывающих предприятий Сибири. Но этого недостаточно. Нефтяники готовы вести оплату за уже готовую продукцию. За обучение, исследования они не хотят платить, говоря: Покажите нам сертификат, лицензию, протокол испытаний, а мы, увидев, что продукция нужная, купим ее.

Ред.: Что же, наука, образование останутся в стороне?

В.Ж.: Нет. Поэтому надо открывать кредитные линии. Банки готовы эти вопросы рассматривать, поэтому сейчас всем, кто приступает к исследованиям в рамках Программы, нужно подготовить соответствующее технико-экономическое обоснование, бизнес-план, чем и занимается ЮКОС-Сибирь и другие предприятия. Банки заявили о возможности выделить кредиты на доводку, проведение испытаний и подготовку промышленного производства. Затем мы переходим к прямым договорам. Вот это самый тяжелый вопрос. К сожалению, он очень медленно решается на всех уровнях: региональном, федеральном, отраслевом.

Ред.: Что нужно сделать предприятиям, организациям, вузам для того, чтобы ускорить процесс сотрудничества с банками?

В.Ж.: Первое - это составить цивилизованные бизнес-планы, такие, чтобы не стыдно было любому международному банку показать, обратиться в Координационный совет Программы. Мы владеем маркетингом, знаем потребности нефтегазодобытчиков, технические условия на продукцию. У нас имеются протоколы согласования поставок оборудования на 1997-1998 гг.. В работу включились многие предприятия и организации города. На данном этапе готовится договор с ОмГТУ о создании научно-технического обеспечения Программы, правда, из-за нашей неоперативности подписание его продвигается медленно. Планируется задействовать весь научный и изобретательский потенциал Омска.

Ред.: -Какие трудности стоят перед Вами на данном этапе?

В.Ж.: Трудности в одном - обеспечить стартовое финансирование Программы. Для этой цели помимо названных 137 млрд. рублей необходимо еще около 36 млрд руб. Возможно, до конца года удастся обеспечить 30 млрд руб. плюс инвестиции, так называемая кредитная линия. Мы ведем переговоры с рядом инвесторов. Скоро, я думаю, будут заключены первые кредитные договоры.

Ред.: Есть ли уверенность, что все планы сбудутся?

В.Ж.: Я оптимист и за это дело взялся совершенно сознательно, видя большие шансы на серьезные результаты. Вся наша экономика, текущее ее положение отторгают инновации. Но мы отчаянно боремся за то, чтобы удержаться. Есть основания думать, что через год-другой ситуация изменится, тогда Программа заработает в полную силу. Конечно, если Россия не будет индустриальной державой, а превратится в сырьевой придаток, Программа останется пустым звуком. Но на созидание шансов гораздо больше.

АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИОРИТЕТОВ ПРОГРАММЫ "СибВПКнефтегаз-2000"

В. В. Жильцов
Компания "ЮКОС-Сибирь"

The article adduces the results of investigation of scientific and technical part of the Inter-regional purpose-oriented programme for creation & development of production of a competitive import-replacing oil & gas equipment on the basis of conversion enterprises of the Defence complex - SibVPKneftegas-2000 .

The article shows scientific & technical priorities of the programme for increasing the efficiency of oil extraction from fields, where process of extraction is difficult for Siberian conditions.

More than a half of the technical objects of the programme concerns problems of scientific and technical development of oil extraction in Siberia, particularly, effective development of low permeable collectors reserves and completion of residual reserves in irrigated areas, which are of a very great importance.

Актуальность, развитие и результативность межрегиональной целевой программы "СибВПКнефтегаз-2000" складываются из ряда ее системных составляющих и их эффективной интеграции [1]. Наряду со структурной, маркетинговой, финансовой, социальной компонентами программы важную роль играет ее научно-техническая составляющая. В этой связи представляет интерес ее исследование, а также соответствие научно-технической политике развития отечественной нефтегазодобычи, и прежде всего в Сибири.

Известно, что критически важным для развития нефтедобычи в России направлением, в соответствии с энергостратегией России и проблемами обеспечения ее экономики моторным топливом и экспорта энергоресурсов, является повышение эффективности освоения трудно-извлекаемых запасов (ТИЗ) нефти, а также геолого-разведочных работ, обеспечивающих необходимые уровни прироста запасов [2].

Приоритетными проблемами освоения ТИЗ до 2010 года, решению которых сегодня нет альтернативы, являются эффективное освоение запасов низкопроницаемых коллекторов и комплексная доработка остаточных запасов обводненных зон. Их решение позволило бы обеспечить кардинальное повышение эффективности добычи нефти из месторождений с ТИЗ с повышением продуктивности скважин в 4 - 8 раз и коэффициента нефтеотдачи в 1,5 - 2 раза.

Кроме того, в число приоритетных научно-технических проблем нефтедобычи высокой и умеренной остроты, отобранных и ранжированных ИНЭИ РАН (хотя принятая методика не лишена недостатков), входят повышение потенциальной продуктивности средне- и низкодебитных скважин, коррозионной стойкости и надежности объектов нефтепромыслового строительства, эффективности использования фонда скважин, энергоресурсосбережение. К числу системных определяющих проблем следует, на наш взгляд, также добавить обеспечение сохранности окружающей среды (экологический фактор).

Анализ проблемной направленности программы "СибВПКнефтегаз-2000" показывает ее научно-

технические приоритеты: охват выделенных ИНЭИ РАН проблем составляет 73 %, причем половина относится к критически важным и высокой остроты проблемам научно-технического развития нефтегазодобычи (табл. 1).

Результаты классификации конкретных образцов оборудования, систем и приборов программы по указанным критериям приоритетности дают хорошую оценку программе "СибВПКнефтегаз-2000": лишь 11 % ее объектов попадают в низкую категорию (рис. 1).



Рис. 1. Ранжирование программы "СибВПКнефтегаз-2000" по категориям остроты решаемых научно-технических проблем

Например, к техническим объектам программы по критически важным проблемам относится целый ряд импортозамещающего бурового оборудования, ряд оборудования для освоения скважин, подъемно-транспортного и электротехнического оборудования, аппаратуры автоматизированного контроля и диагностики - всего 14 наименований. Сюда входят, в частности,

Приоритетность отраслевых научно-исследовательских проблем

Научно-технические проблемы в нефтедобыче	Количество проблем	Проблемы			
		Критически важные	Высокой остроты	Умеренной остроты	Низкой остроты
Выделенных ИНЭИ РАН: 22	22	2	7	6	7
В программе "СибВПКнефтегаз-2000":	16	2 100*	6 86*	6 100*	2 14*

Примечание. * - проценты.

укороченные лопастные забойные двигатели ЛЗД высокой удельной мощности и долговечности; универсальные регулируемые редукторы-отклонители турбобуров РПУ; циркуляционные системы очистки бурового раствора с блоками химического усиления центрифуг; высоконадежные забойные инклинометрические системы управления проходкой, высокопрочные буровые и ремонтные инструмент и оснастка повышенной износостойкости и долговечности; установки гибких НКТ; инженерные машины-платформы высокой проходимости и грузоподъемности; мобильные малогабаритные блочные подстанции; универсальные мобильные энергоузлы регулируемой мощности; система "КОМПАКС" непрерывного компьютерного мониторинга, диагностики и прогнозирования для управления состоянием и безаварийной эксплуатации машин и агрегатов.

Перечисленное оборудование модульной конструкции путем агрегатирования будет компоноваться в мобильные комплексы для ремонта и восстановления скважин, в т. ч. методом зарезки боковых стволов, в основном горизонтальных и горизонтально-разветвленных. Такие комплексы призваны эффективно реализовывать критически важные ресурсосберегающие технологии освоения ТИЗ в суровых условиях северных территорий Сибири.

Среди объектов программы "СибВПКнефтегаз-2000", направленных на решение научно-технических проблем высокой остроты, можно, в частности, отметить малогабаритный мембранно-поршневой насос высокого давления регулируемой производительности НА-4, НА-8 для закачивания воды и других жидкостей; скважинные (дебитом до 40 м³/сутки) модульные моторно-насосные станции высокой долговечности; блочные насосные БНС и компрессорные БКС станции регулируемой производительности на базе высокоресурсной лопастной гидромашины; азотное оборудование для работы с гибкими НКТ, в т. ч. в мобильном варианте; унифицированные трансформаторы питания непосредственно от сети 0,4 кВ; комплектную трансформаторную подстанцию КПТН контейнерного типа с сухими трансформаторами, блочно-модульного исполнения; малогабаритную моноблочную станцию "интеллектуального" управления насосами, мобильные низкочастотные сейсмоисточники повышенной мощности для объемного вибросейсмического воздействия на нефтяные пласты с целью увеличения их нефтеотдачи.

Указанное оборудование программы "СибВПК-неф-

тегаз-2000" задействуется, например, для осуществления эффективных ресурсосберегающих технологий доработки месторождений с остаточными запасами нефти в обводненных зонах, а также в условиях низкодебитных скважин (с возможностью оптимизации режимов для каждой скважины).

В эту же группу высокой остроты проблем следует отнести и экологическое оборудование, 14 наименований которого предусмотрено программой "СибВПКнефтегаз-2000", например, импортозамещающий комплекс нефтесборного оборудования с акваторий рек и озер; секционные боны из резинокордных оболочек контейнерного размещения; скиммеры с автономным приводом; ряд вакуумных нефтесборщиков; технологические регламенты, набор технологий и комплектное оборудование блочно-модульного типа для полигонов по утилизации и переработке отходов бурения и нефтедобычи, для очистки нефтяных и шламовых загрязнений отсыпки кустовых оснований, очистки дна водоемов от нефтяных шламов.

На проведенном в марте 1997г. совещании по экологическим проблемам нефтегазодобычи в Нефтеюганске отмечен значительный потенциал программы "СибВПКнефтегаз-2000" по импортозамещающему экологическому оборудованию для нефтяников, в особенности у ПО "Полет", за которым закреплено 8 основных позиций такого комплектного оборудования.

К группе позиций программы "СибВПКнефтегаз-2000", ранжированной по категории умеренной остроты решаемых научно-технических проблем, относится целый ряд оборудования, приборов и систем, способствующих повышению эффективности использования фонда скважин, продуктивности добывающих скважин при разработке месторождений в подгазовых зонах и высоковязких нефтей, а также энергоресурсосбережению. Сюда входит третья часть объектов программы.

И наконец чуть больше десятой части объектов программы попадают в категорию низкой остроты решаемых научно-технических проблем. Они связаны в основном с вопросами роста эффективности разработки месторождений, продуктивности и качества строительства скважин в традиционных геолого-технических условиях. Но тем не менее такое оборудование, как показали маркетинговые исследования, необходимо нефтяникам

Сибири для обеспечения нормальной производственной деятельности и сокращения ее издержек.

Главенствующие комплексы итоговой направленности технических объектов программы "СибВПКнефтегаз-2000" в пространстве производственных компонент и функциональных условий нефтедобычи становятся понятными из табл. 2.

Они в основном, соответствуют принятым приоритетам научно-технического развития нефтегазодобывающей промышленности из необходимого сценария Энергостратегии России. Но в то же время в программе "СибВПКнефтегаз-2000" недостаточные акценты сделаны пока в направлении геолого-разведочных работ. По решению первого координационного совещания участников программы

ресурса и долговечности деталей и узлов конструкторско-технологическими методами. Научно-технический уровень оборудования закреплён в более чем 60 НИОКР, ноу-хау, патентах на изобретения и полезные модели.

Один из главных организационных принципов - формирование творческого союза нефтяников и машиностроителей-оборонщиков[3]. Становление и предстоящее научно-техническое развитие программы "СибВПКнефтегаз-2000" в русле технологических приоритетов нефтегазодобычи является необходимым условием достижения требуемых конечных результатов в охватываемом ее избирательном техническом пространстве, в частности рост нефтеотдачи в 1.3 - 2.0 раза:

Таблица 2

Сопряженность производственной деятельности и технологических условий нефтедобычи

Направления производственной деятельности	Технологические условия функционирования в нефтедобыче, число объектов				
	Традиционные (освоенные запасы нефти)	Низкопро-ницаемые коллекторы	Остаточные запасы обводненных зон	Подгазовые зоны	Высоковязкие нефти
Геолого-разведочные работы	6*	14	10	10	-
Разработка месторождений	2	20	13	13	13
Строительство и ремонт скважин	6	16	14	14	7
Нефтепромысловое строительство и ремонт	25	46	52	44	30
Добыча, сбор и подготовка нефти, попутного газа и воды	8	27	34	24	15

Примечание. * - количество технических объектов программы (с дополнениями) с учетом их параллельного применения по направлениям и условиям нефтедобычи.

(декабрь 1996 г., Омск) оформлено Дополнение к программе (с участием АО "Ноябрьскнефтегазгеофизика"), в котором усилены конкурентоспособные технические позиции (в основном средства геофизических и геохимических исследований по геологоразведочным работам). При дальнейшем развитии и уточнении программы этому критически важному вопросу будет уделяться особое внимание.

К общетехническим системным принципам создания нового оборудования, систем и приборов программы "СибВПКнефтегаз-2000" относятся "модульность", агрегатирование комплектного оборудования в системы специализированных технологических машин, энерго- и ресурсосбережение всех видов, кратное увеличение

увеличение дебитов скважин в 2 - 6 раз;
решение экологических проблем;
снижение трудоемкости обслуживания на 15 - 20 %;
рост межремонтного периода в 1.2 - 2 раза;
повышение эффективности использования энергоресурсов в 1.5 - 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сатонкин П. Ю., Жильцов В. В. Сибирский ВПК - нефтяникам Сибири // Рынок нефтегазового оборудования СНГ. - 1996. - № 4. - С.34 - 37.
2. Нефтяная промышленность. Приоритеты научно-технического развития. - М., 1996. - 240 с.
3. Жильцов В. В. Весомые гарантии // Рынок нефтегазового оборудования СНГ. - 1997. - № 1. - С.47.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТОГО ДИНАМИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛЕОНТЬЕВА

С.Н. Чуканов

Омский государственный технический университет

The mathematical model of open dynamic balance by Leontyev with taking into account the amortization of funds is constructed in this work. The model for non-stationary and nonlinear case is considered.

При математической формализации модели открытого динамического баланса Леонтьева за основу был выбран математический аппарат модели межотраслевого баланса, созданной В.В. Леонтьевым в 1936 году [5]. Более современное изложение модели межотраслевого баланса с учетом динамического изменения параметров можно найти в [1-3, 6].

Математический аппарат модели межотраслевого баланса, адаптированный для использования на персональном компьютере, наиболее полно развит в [2].

Для функционирования программного обеспечения модели открытого динамического баланса Леонтьева необходима следующая исходная информация: вектор объемов выпускаемого продукта F; матрица связей A; вектор фондов X.

Перепишем соотношения модели В.В. Леонтьева в виде [2, 4]:

$$X = A * X + F. \tag{1}$$

При рассмотрении однопараметрического распространения изменения объема выпускаемого продукта ΔF_t в определенный момент времени t

$$\Delta X_t = A * \Delta X_t + \Delta F_t$$

или

$$\Delta X_t = \Delta F_t * (E - A)^{-1}. \tag{2}$$

Объемы выпускаемого продукта

$$F_t = C_t + S_t$$

могут быть распределены на потребление

$$C_t = E_t - S_t$$

и прирост фондов

$$S_t = s * F_t = D * (X_{t+1} - X_t), \tag{3}$$

где s - диагональная матрица норм накопления фондов.

Распространение по второму параметру, а именно по изменяющемуся дискрету времени t, можно построить в виде

$$X_{t+1} = G^{-1} * (E - A + G) * X_t,$$

где

$$G = S^{-1} * D$$

В случае учета старения амортизации фондов эти соотношения могут быть записаны в виде

$$X_{t+1} = G^{-1} * (E - A + G) - O * X_t, \tag{4}$$

где O - матрица учета норм старения фондов.

Устойчивость эволюционных процессов распространения по времени будет зависеть от расположения собственных чисел матрицы:

$$H = G^{-1} * (E - A + G) - O,$$

так как при стационарных A, G соотношение (4) может быть приведено к виду:

$$X_t = H^{-1} * X_0$$

с учетом дискретности t.

Из (2) - распространения изменения объема выпускаемого продукта ΔF в момент времени t=0 и (4) - распространения во времени получим

$$\Delta X_t = H * \Delta F_0 * (E - A)^{-1}$$

или

$$\Delta X_t = H^{-1} * (E + A + A^2 + \dots) * \Delta F_0.$$

В случае нелинейной модели открытого динамического баланса Леонтьева соотношения (1) должны быть переписаны в виде

$$X^t = A(X_t) + F_t. \quad (5)$$

Решение их на каждом дискрете времени t следует искать методом, аналогичным методу Якоби:

$$X^{k+1}_t = A(X^k_t) + F_t,$$

где i - номер итерации.

С учетом (3) соотношение (5) может быть переписано в виде

$$\begin{aligned} X_t &= A(X_t) + s^{-1}D * (X_{t+1} - X_t) = \\ &= A(X_t) + G * (X_{t+1} - X_t), \end{aligned}$$

откуда

$$X_{t+1} = (X_t - A(X_t) + G * X_t) * G^{-1}.$$

В случае, когда матрица

$$G_t = s^{-1}t D_t$$

не является стационарной, замечание о зависимости устойчивости процесса изменения фондов от собственных значений матрицы H не верно в общем случае.

Для обеспечения устойчивости процесса изменения фондов целесообразно ввести функциональную зависимость матрицы норм накопления фондов от текущих значений компонент вектора X:

$$s=s(X_t).$$

С учетом математических основ модели, изложенных выше, была разработана программа для математического моделирования процессов открытого динамического баланса Леонтьева. Программа функционирует в следующих режимах:

- работа с таблицами межотраслевого баланса для ввода и отображения информации и определения обратной матрицы Леонтьева:

- анализ структуры промышленности для определения коэффициента влияния изменения спроса в одной отрасли на все отрасли и коэффициента отклика изменения спроса во все отрасли на одну отрасль:

- для определения индуцированного производства, порожденного изменением конечного спроса, и индуцированной добавленной стоимости;

- прогноза межотраслевых связей;

- анализа ценового эффекта распространения в случае с колебаниями цен отдельных товаров.

Программа имеет возможность исследования динамических процессов двухпараметрического распространения изменения спроса/цены (один параметр - текущее время, второй - значение изменения спроса/цены).

ЛИТЕРАТУРА

1. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория: Пер. с англ./ Под ред. А.А. Конюса. - М.: Прогресс, 1975. - 606 с.
2. Математическая экономика на персональном компьютере: Пер. с яп./ Под ред. М. Кубонива. - М.: Финансы и статистика, 1991. - 304 с.
3. Глушков В.М., Иванов В.В., Яненко В.М. Моделирование развивающихся систем. - М.: Наука, 1983. - 352 с.
4. Леонтьев В.В. Исследование структуры американской экономики. Теоретический и эмпирический анализ по схеме затраты - выпуск. - М.: Госстатиздат, 1959. - 640 с.
5. Моделирование народнохозяйственных процессов/Под общ. ред. И.В. Котова. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. - 288 с.

МЕТОД ФУНКЦИОНАЛОВ ЛЯПУНОВА ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ДВУМЯ НЕЗАВИСИМЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ

Е.В. Воробьева, Р.К. Романовский
Омский государственный технический университет

This article deals with Cauchy problem for linear hyperbolic system with single space variable. A condition of exponential stability of zero equation is found. The approach is based on reducing the system to ordinary differential equation in Hilbert space with limited operator coefficient and further application of Lyapunov functionals method.

Рассматривается система

$$\frac{\partial u}{\partial t} = A \frac{\partial u}{\partial x} + B(x, t)u. \quad (1)$$

Здесь $u(x, t): \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{C}^n$, матрица B непрерывна и ограничена в \mathbb{R}^2 . A - постоянная эрмитова обратимая матрица. Устанавливается достаточное условие экспоненциальной устойчивости решений задачи Коши с начальными данными

$$u|_{t=t_0} = h(x), \quad t_0 \in \mathbb{R}, \quad h \in H, \quad (2)$$

где H - гильбертово пространство функции $\mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}^n$ со скалярным произведением

$$\langle u, v \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} v^* u dx.$$

Подход основан на приведении системы (1) к обыкновенному дифференциальному уравнению вида (4) в фазовом пространстве H с ограниченным оператором $\Lambda(t)$ и на последующем применении метода функционалов Ляпунова. Имеем

$$A = \sum_{k=1}^n \alpha_k P_k, \quad \text{где } \alpha_1 < \dots < \alpha_n, \quad |\alpha_k| > 0, \quad P_k^* = P_k.$$

$$P_k^2 = P_k, \quad \sum_{k=1}^n P_k = I.$$

Определим зависящее от параметра $t \in \mathbb{R}$ семейство операторов $H \rightarrow H$ формулой

$$T(t)h = \sum_{k=1}^n P_k h(x - \alpha_k t), \quad h \in H$$

(оператор T сохраняет классы эквивалентности в H). Нетрудно убедиться что $T(t)$ - однопараметрическая сильно непрерывная группа унитарных операторов в H . В частности

$$T^{-1}h = T^*h = \sum_{k=1}^n P_k h(x + \alpha_k t).$$

В классе гладких начальных данных (2) решение задачи Коши - гладкая функция и $u(x, t) \in H$ при каждом t . В этом случае система (1) равносильна уравнению

$$T^{-1}(t) \frac{d}{dt} T(t)u = Bu. \quad (3)$$

Далее под решением задачи Коши (1), (2) будем понимать функцию $u(t): \mathbb{R} \rightarrow H$, дифференцируемую на оси в метрике H и удовлетворяющую (1), (2). Замена $v = Tu$ приводит (3) к виду

$$\dot{v} = \Lambda(t)v, \quad \Lambda = TBT^{-1}. \quad (4)$$

С учетом сильной непрерывности $T(t)$ задача Коши для уравнения (4) корректно поставлена на каждом отрезке $[t_0, t_1]$ [1]: экспоненциальная устойчивость решения $v=0$ уравнения (3) равносильна экспоненциальной устойчивости решения $v=0$ уравнения (4).

ТЕОРЕМА. Пусть существует гладкая в \mathbb{R}^2 матрица $G(x, t)$ такая, что
1°. $GA = AG$;

$$2^\circ \quad \|\dot{G}\| \leq const;$$

$$3^\circ \quad m_1 I \leq G \leq m_2 I; \quad m_1, m_2 > 0;$$

4°. Матрица

$$\Gamma(x, t) = T^{-1} \dot{G} + (T^{-1}G)B + B^*(T^{-1}G)$$

удовлетворяет оценке $\Gamma \leq -mI$, $m > 0$.

Тогда решение $v=0$ уравнения (4) равномерно по t_0 экспоненциально устойчиво: для любого решения

$$\|v(t)\|_H \leq \mu \exp[-\nu(t-t_0)] \|v(t_0)\|_H \quad (t > t_0) \quad (5)$$

где μ, ν - положительные постоянные, не зависящие от t_0
ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Определим функционал $V: H \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ формулой

$$V(h, t) = \int_{-\infty}^{\infty} h^* G h dx.$$

Вычисления с учетом равенств $GTh = T(T^{-1}G)h$.

$$\dot{G}h = T(T^{-1}\dot{G})T^{-1}h$$

дают

$$\dot{V}(h,t) = \int_{-\infty}^{\infty} h^* T T^* h dx.$$

В силу 3°. 4° имеем

$$V \leq m_2 \|h\|_H^2, \quad \dot{V} \leq -m \|h\|_H^2.$$

Поэтому для любого ненулевого решения уравнения (4)

$$\int_{t_0}^t \frac{\dot{V}(v(\tau), \tau)}{V(v(\tau), \tau)} d\tau \leq -\frac{m}{m_2} (t - t_0). \quad (t > t_0)$$

откуда с учетом 3° следует оценка (5) при $\mu = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$.

$$\nu = \frac{m}{2m_2}.$$

Теорема доказана.

ЛИТЕРАТУРА

Крейн С.Г. Линейные дифференциальные уравнения в банаховом пространстве. -М.: Наука, 1967.

УДК 513.82+519.71

ПОЛИСИСТЕМНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ О РОЛИ ГЕОМЕТРИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

Л.Г. Сизикова, В.П. Сизиков

Омский государственный технический университет

Институт информационных технологий и прикладной математики СО РАН

Investigation process qualitative model was formed on the base of a polysystem methodology. In particular, the model mirrors the role of geometry in science and education. Series of corresponding recommendations for science investigations organization and educational programs formation is showed.

История науки насчитывает много моментов революционного характера. При этом в первую очередь проявляют себя геометрические ассоциации. Но после определенной аксиоматизации и упорядоченности геометрия вновь оказывается в пассиве, уступая ведущую роль аналитике. Однако это лишь внешний взгляд на природу мышления. На деле геометрия значит в мышлении ничуть не меньше, чем аналитика. И прежде всего это относится к прикладным аспектам науки [2]. Об этом свидетельствует качественное моделирование (КМ) как один из разделов полисистемной методологии (ПМ) [3-5].

ПМ предназначена для преобразования содержательной информации о произвольном объекте в формальную модель с ее последующим развитием в расчетный алгоритм. Язык ПМ включает в себя категориально-системную методологию [1], схемы гомеостатов [6], символы древней философии, а также ряд разделов математики. На ПМ базируется КМ, позволяющее конструировать ориентированный граф (ОГ) произвольной предметной области (ПО) как качественную модель (КМ). Вершины ОГ представляют элементы ПО, а ребра - онтологические связи между ними. Эти ребра подразделяются на управляющие и контролируемые. Различают статические и динамические

КМ (СКМ и ДКМ), и для них есть системы аксиом [4, 5, 7], позволяющие строить КМ без априори привлекаемых схем. Так, любой ОГ, являющийся СКМ некоторой ПО, удовлетворяет условиям:

а) из каждой вершины ОГ выходит хотя бы одно ведущее ребро;

б) в каждую вершину ОГ входит хотя бы одно ведущее ребро;

в) в каждую вершину ОГ входит хотя бы одно контролирующее ребро.

Любой ОГ, являющийся ДКМ некоторой ПО, удовлетворяет перечисленным условиям и дополнительно условию

г) от любой вершины ОГ до любой другой его вершины существует направленный путь по ведущим ребрам (то есть ОГ полон по ведущим ребрам).

Каждая ДКМ, как правило, имеет форму многогранника с онтологически осмысленными гранями. Есть также численная интерпретация информационного функционирования КМ [8].

На сегодня построены ДКМ АСУ [4, 5, 7, 9] организации процесса рассуждения (ПР) [4, 5] методологической модели

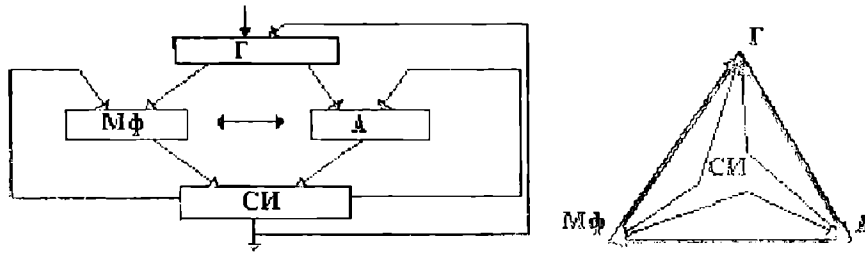


Рис. 1. Соответствие гомеостатической модели и триграммы средств исследования

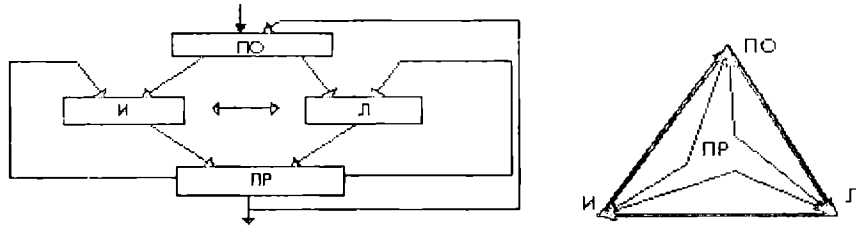


Рис. 2. Соответствие гомеостатической модели и триграммы процесса рассуждения

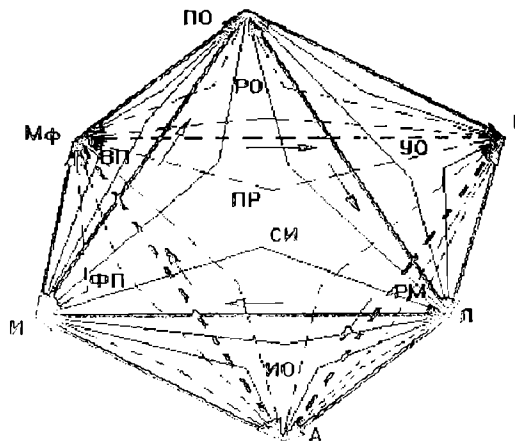


Рис 3. Качественная модель исследования:

Г - геометрия; А - аналитика; Мф - метафизика; ПО - предметная область; Л - логика; И - информатика; ПР - процесс рассуждения; СИ - средства исследования; РО, УО, ИО - рождение, упорядочение и исследование образа; РМ - разработка методов исследования; ФП, ВП - формирование и внедрение представлений

"категориальный ряд" движения управляемого объекта [5, 7], а также ряд СКМ, в том числе абстрактных объектов [10]. Имеются и подходы к формированию адаптивных систем управления при неизвестных уравнении движения и каналах наблюдения и управления [9].

В свою очередь, выявлены подходы к использованию языка комбинаторной геометрии в теории управления [11, 12]. С привлечением средств КМ роль такого языка возрастает. Более того, выявляется ведущая роль геометрии в создании методов, связующих онтологию и аналитику, что актуально.

Здесь формируется ДКМ исследования. Она предназ-

начена для отражения того, как средства исследования (СИ) вовлекаются в ПР. При этом СИ представляется в форме триграммы из тройки категорий: геометрия, аналитика, метафизика (рис.1). ПР - тоже в форме триграммы из тройки категорий: ПО, логика, информатика (рис. 2) [4, 5]. Связь этих шести элементов в единую ДКМ с использованием системы аксиом [4, 5, 7] приводит к ОГ в форме октаэдра (рис. 3).

ДКМ исследования определяет место и роль геометрии в процессе исследования. Эта роль состоит в порождении образов и методов исследования, а не в проведении самих исследований. Этим вполне можно объяснить революционную роль геометрических ассоциаций в науке и современ-

менно отводы геометрии в пассив. В то же время обращение к геометрии оказывается неизбежным каждый раз при разработке новых подходов и методов исследования. без чего в свою очередь немислимы прикладные аспекты науки.

Далее, КМ само оперирует геометрическими объектами типа ОГ. В перспективе КМ может стать универсальной методологией в научных исследованиях, с учетом чего следует ожидать повышения потребностей в работе с многогранниками, векторами, дискретными системами, комбинаторными методами. И это необходимо учитывать при формировании учебных программ в школах и вузах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разумов В.И. Интеллектуальная поддержка наукоемких исследований (Введение в категориально-системную методологию: качественный анализ, содержательное моделирование, познание сущности). ИИТПМ СО РАН. - Омск:, 1994. - 219 с. - Деп. в ВИНТИ 08.04.94. N 863-В 94.
2. Сизиков В.П. Стабилизация положения космического аппарата с помощью двух гиросиловых стабилизаторов // Космические исследования. - 1996.-Т. 34. - N 1.- С.-66-72.
3. Разумов В.И., Сизиков В.П. Полисистемная методология в решении мировоззренческих проблем познания // Вопросы методологии. - 1996. - N 1-2. - С. 55-61.
4. Разумов В.И., Сизиков В.П. Полисистемная методология организации процессов рассуждения // Искусственный интеллект - 96: Сб. тр. - Казань. 1996. - Т 1. - С. 53-58.
5. Разумов В.И., Сизиков В.П. Успехи полисистемной методологии и перспективы ее применения // Актуальные пробл. электронного приборостроения: Тр. междунар. науч.-

техн. конф. - Новосибирск. 1996. - Т. 6. ч. 1. - С. 116-125.

6. Astafyev V.I., Gorski Yu.M., Pospelov D.A. Homeostatics / / Cybernetics and Applied Systems. - New York. 1992 - P. 7-22.

7. Разумов В.И., Сизиков В.П. Качественная модель движения космического аппарата // Спутниковая связь: Докл. 2 междунар.конф.- М.,1996. - Т.1. - С. 104-108.

8. Сизиков В.П. Разработка численных методов и алгоритмов средствами качественного моделирования // Актуальные пробл. электронного приборостроения: Тр. междунар. науч.-тех.конф. - Новосибирск. 1996. - Т.6. ч.2. - С.64-66.

- 9.Сизиков В.П. Модель дискретного управления движением космического аппарата // Спутниковая связь: Докл. 2 междунар. конф. - М.,1996. - С. 109-114.

10. Разумов В.И., Сизиков В.П. Качественная модель уравнений Максвелла и ее роль в понимании природы радиоволн // Информацион. технологии и радиосети - 96: Материалы междунар. науч.-практ. конф. - Омск. 1996. - С. 67-68.

- 11 Сизикова Л.Г. Об оценке количества управляющих воздействий ОмГТУ. - Омск,1994-10с. -Деп. в ВИНТИ 14.11.94, N 2585-В94.

- 12.Сизикова Л.Г., Сизиков В.П. Нелинейные системы с импульсным управлением // Динамика система с импульсным управлением// Динамика систем, механизмов и машин: Тез. докл. междунар. науч.-техн.конф. - Омск, 1995. - Кн.3. - С.77-78.

УДК 514.113

ОСОБЕННОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ДИСКРЕТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Ю.А. Порога

Омский государственный технический университет

The peculiarity of transformation in discrete space. This article has the principal methods of transformation of the geometric objects in space, named discrete. The principal idea of these methods is the discrimination of the fourangles sell in space, which is assumed as the unit element of this space.

К объемным геометрическим моделям относят представление геометрического объекта (ГО) путем перечисления всех тех позиций пространства, которые он занимает. В общем случае это точечное множество, но перечисление всех точек практически недостижимо, поэтому вместо множества точек используется множество элементарных ячеек, на которые разбивается пространство. Область геометрии, занимающуюся данными

моделями пространства, начиная примерно с 70-х годов стали называть цифровой или дискретной (digital geometry) [1].

К дискретной геометрии относятся разные виды разбиения пространства, например, треугольные и шестиугольные решетки. Но наиболее распространены квадратно-кубические, они более удобны с точки зрения адресации элементов объекта [2]. Главный вопрос

использования подобного дискретного пространства (ДП) - это преобразование объектов из одной его системы в другую. Под преобразованием будем понимать приведение ячеек второй системы ДП в соответствие ячейкам первой системы, которые задают ГО.

ПРАВИЛО ЦЕНТРА ЯЧЕЙКИ

Для решения проблемы согласования ячеек двух систем воспользуемся правилом центра ячейки. Если центр ячейки, на которые разбито пространство в первой системе, попадает в пределы пространства, занимаемого ячейкой второй системы, то последняя считается соответствующей первой. Этим удастся нейтрализовать несовмещение ячеек обеих систем между собой.

Таким образом, основу расчетов результатов преобразования в ДП составляет определение значений координат центра ячеек одной системы относительно другой. Так, имея объект, заданный в первой системе координат, дискретность (размер ячеек) которой по осям будет

$\delta_1^{(1)}, \dots, \delta_n^{(1)}$, преобразуем его во вторую систему $O_2 x_1^{(2)} \dots x_n^{(2)}$.

Преобразование разделяется условно на три этапа. На первом производится переход от относительных целочисленных координат (фактически номер ячейки вдоль оси), в которых в основном задаются объекты в ДП, к непрерывным координатам центров ячеек:

$$X_{i,j}^{(1)} = l_{i,j}^{(1)} \cdot \delta_i^{(1)}$$

где $X_{i,j}^{(1)}$ - непрерывная координата центра ячейки:

$l_{i,j}^{(1)}$ - относительная целочисленная координата ячейки:

i - номер оси координат; j - номер ячейки по порядку в ГО.

ЭТАП РАСЧЕТА ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Следующий этап и есть собственно этап расчета преобразований. На этом этапе производится пересчет непрерывных координат центров ячеек первой системы в непрерывные координаты второй системы:

$$X_{i_2,j}^{(2)} = f_2(X_{i_1,j}^{(1)}, \dots, X_{n,j}^{(1)}, X_{n+i_1,j}^{(1)}).$$

Если ограничиться линейными преобразованиями, то расчет удобно представить следующими уравнениями:

$$X_{i_2,j}^{(2)} = \sum_{i_1}^{n+1} (K_{i_1 i_2} \cdot X_{i_1,j}^{(1)}).$$

где $K_{i_1 i_2}$ - коэффициенты преобразований i_1 -й

координаты из первой системы в i_2 -ю во второй. В эти

уравнения введена дополнительная $(n+1)$ -я переменная, которая характеризует положение во второй системе начала координат первой. Таким образом, геометрическим смыслом произведения

$K_{i_1 i_2} \cdot X_{n+1,j}^{(1)}$ является значение по i_2 -й оси координат второй системы точки, соответствующей началу координат первой системы.

Найдя непрерывные координаты во второй системе центров ячеек первой системы, определим, каким ячейкам второй системы эти координаты соответствуют. Для этого переведем непрерывные координаты второй системы в относительные целочисленные этой же системы. Переход осуществляется делением непрерывных координат на соответствующие им дискретности второй системы с округлением до целого:

$$l_{i,j}^{(2)} = E(X_{i,j}^{(2)} / \delta_i^{(2)})$$

где E - операция округления до целого.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАЗРЫВА ОБЪЕКТА

Если при проведении описываемых преобразований размеры ячеек второй системы меньше, чем первой, то возникает разрыв объекта из-за появления так называемых пустых ячеек, на которые не выпало ни одного центра ячейки из первой системы. Поэтому задающие ГО во второй системе ячейки не соприкасаются друг с другом. Для предотвращения этого разрыва необходимо в первой системе производить разбивку ячеек на более мелкие.

Определение максимальных размеров ячеек первой системы, при которых разрыв отсутствует, производится из расчета проекций ребер ячеек второй системы на направления осей первой. Уравнения для расчета этих проекций получаем из уравнений преобразования, исключив равные нулю слагаемые:

$$\Delta_{i,k} = \delta_k^{(2)} \cdot K_{i,k}$$

Для исключения пустых ячеек размеры ребер ячеек первой системы должны быть не более чем самая большая по абсолютной величине проекция ребра ячейки второй системы на соответствующей оси первой:

$$\Delta_i^{\max} = \text{MAX}(\Delta_{i,1}, \dots, \Delta_{i,n}),$$

где MAX - операция выбора максимального элемента.

Теперь, если $\delta_i^{(1)} < \Delta_i^{\max}$, то ячейку в первой системе по

направлению оси i необходимо разделить на K_i

более мелких, в дальнейшем же при расчетах использовать координаты центров уже этих мелких ячеек. Данное число

K_i определяем по формуле

$$K_i = E^b \left(\delta_i^{(1)} / \Delta_i^{\max} \right).$$

где E^b - операция округления в большую сторону.

Таким образом, основные правила преобразования ГО из одной системы координат ДП в другую можно свести

в три этапа. Первый - это переход от относительных целочисленных координат ячеек к непрерывным координатам точек, которые являются центрами ячеек. Второй - непосредственно преобразования, производимые обычными методами для полученных на первом этапе координат центров ячеек. Третий - переход к относительным координатам ячеек второй системы этого пространства, что делается по предложенному правилу центра ячейки. Последнее правило заключается в следующем: если центр ячейки в результате преобразования попадает в пределы пространства, занимаемого ячейкой другой системы, то эта последняя ячейка соответствует первой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kim C.Y. Three-dimensional digital planes// Comput. Graphics and Image Processing. - 1984.- Vol. 6, № 5.- P.639-645.
2. Тевлин А.М., Рогоза Ю.А. Использование координатно-дискретных плоскостей для решения некоторых компоновочных операций//Прикладная геометрия и инженерная графика. - Киев, 1990. - Вып. 50. - С. 29-33.

УДК 530.145+539.184.2

ДИНАМИЧЕСКИЙ ХАОС: ЗАДАЧА О НЕЛИНЕЙНОМ ОСЦИЛЛЯТОРЕ ВО ВНЕШНЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

С.А. Минабудинова

Омский государственный технический университет,

It is shown that the broadening and the oscillations of high excited states of a quantum anharmonic oscillator in an external time of the depending field take place. These characteristics and also quasicrossing of energy levels are a manifestation of quantum chaos.

Динамический хаос как совокупность явлений, наблюдаемых в классических и квантовых системах, стал в последние годы предметом интенсивных исследований по ряду причин, среди которых укажем следующие:

- хаотичность как общее свойство динамических систем приводит к практической непредсказуемости их поведения, а потому требует нового подхода к описанию движения;

- различие в способах описания классических и квантовых систем ведет к тому, что предметом исследования становятся квантовые свойства квазиклассических систем.

Переходя к описанию хаоса в квантовых системах, необходимо потребовать, чтобы в своем классическом пределе эти системы были нелинейны. Именно такого рода квазиклассические системы могут представлять интерес с точки зрения изучения динамического хаоса.

Реальным примером подобной системы является атом в высоковозбужденных состояниях во внешнем электрическом гармоническом поле. Высоковозбужденные состояния свидетельствуют в пользу применимости квазиклассического приближения, в качестве же классического аналога указанной системы может быть рассмотрен нелинейный осциллятор во внешнем поле.

Таким образом, предлагается использовать модель квантового ангармонического осциллятора в высоковозбужденных состояниях во внешнем электрическом гармоническом поле для исследования хаотических эффектов в квантовых квазиклассических системах. В частности, следует упомянуть о таком эффекте, как квазипересечения энергетических уровней в области высоковозбужденных состояний.

Круг задач, для которых энергетический спектр может быть определен аналитически точно, весьма ограничен, поэтому в настоящей работе сделана попытка численного

расчета квазиэнергии ангармонического осциллятора во внешнем электрическом гармоническом поле.

Гамильтониан данной системы имеет вид

$$H(t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} + \alpha x^3 + \beta x^4 + F(t)x,$$

где $F(t)$ - внешнее гармоническое поле:

$$F(t) = -eE_0 \sin \omega t.$$

Использование метода квазиэнергетических состояний позволило численным путем рассчитать квазиэнергию системы как функцию параметров поля - частоты и амплитуды напряженности. Показано, что зависимость квазиэнергии от частоты и амплитуды напряженности поля вблизи резонанса носит сложный характер и не имеет вид четко выраженного резонансного контура. Более того, по мере увеличения квантового числа эта зависимость приобретает характер сложных осцилляций; при этом роль резонансной частоты проявляется слабее.

В рассмотренной системе имеют место также перекрывающиеся квазипересечения уровней. В качестве одной из характерных особенностей квантовых хаотических систем они носят глобальный характер и наблюдаются в широком диапазоне значений квантового числа.

Таким образом, результаты работы позволяют сделать вывод о том, что в квазиклассической области в динамике нелинейного осциллятора, подверженного действию внешнего электрического гармонического поля, наблюдаются эффекты, являющиеся проявлениями динамического хаоса.

УДК 537.534.9

ЭВОЛЮЦИЯ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА В ТВЕРДЫХ СПЛАВАХ СИСТЕМЫ WC-Co ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОЩНЫМ ИОННЫМ ПУЧКОМ

Г.И. Геринг, Н.П. Калистратова, К.Н. Полещенко, З.Н. Овчар
Омский государственный университет

It was determined, that the powerful ion beam pulsing surface treatment of tool alloys of a system WC-Co renders essential influence to a defective structure of a WC-phase, and linear dependence of main parameters of a substructure on density ion of a current is observed, the dependence on number of pulses of effect has extreme character. Gears of formation of a defective structure at a qualitative level are offered.

В последние годы проблема повышения физико-механических и эксплуатационных характеристик различных материалов, используемых в машиностроении, получила свое развитие в новых современных подходах, связанных с энергетическим модифицированием поверхности изделий [1].

Особую значимость новые технологии обработки приобретают для изделий из твердосплавных материалов, эксплуатация которых в условиях высокотемпературного механического нагружения вызывает резкое снижение физико-механических свойств. К настоящему времени имеется ряд работ, демонстрирующих возможности улучшения характеристик твердых сплавов системы WC-Co методами импульсного лазерного воздействия [2], ионной имплантации [3,4] и обработкой мощным ионным пучком (МИП) [5].

Эффективность рассматриваемого в представленной работе метода модифицирования структуры и свойств материалов МИП связана с существенным влиянием данного вида воздействия на все уровни структурообразования: от макростроения поверхности до субструктуры отдельных фазовых составляющих твердого сплава, а также возможностью модификации приповерхностных слоев до глубины 100-150 мкм.

В этой связи цель настоящей работы - исследование эволюции тонкой структуры карбида вольфрама при воздействии МИП, являющегося основной фазой сплава и отвечающего за изменение прочностных характеристик материала.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объекта изучения использовались образцы промышленного сплава BK8 (WC-8 %Co), предварительно подвергнутые виброабразивному полированию и диффузионному отжигу в вакууме в течение 2 часов при 900°C для снятия остаточных напряжений. Облучение поверхности производилось на технологическом ускорителе "Темп" [6] со следующими параметрами ионного пучка: энергия ионов $E = 300$ кэВ, длительность импульса $\tau = 50$ нс, плотность тока $j = 50-150$ А/см², число последовательных импульсов воздействия $n=1,3,5$. Пучок в основном состоял из ионов углерода (70 %) и протонов (30 %). Структурно-фазовое состояние

поверхностных слоев сплава исследовалось методами рентгеноструктурного анализа. Съемка дифрактограмм производилась на установке "ДРОН-3" при использовании фокусировки по Бреггу-Брентано на фильтрованном Си-излучении. При выборе параметров тонкой структуры WC-фазы применялись методики, основанные на анализе уширения дифракционных пиков. Размеры областей когерентного рассеяния (ОКР) и микроискажения кристаллической решетки (ε) определялись из результатов гармонического анализа формы рентгеновских линий (ГАФРЛ) по методике, предложенной в работе [7]. Оценка тенденций изменения концентраций деформационных и двойниковых дефектов упаковки (д.у.) после облучения поверхности МИП с различными параметрами производилась исходя из зависимости степени влияния д.у. различной природы на физическое уширение линий с отличающимися индексами (HKL). При этом использовались следующие формулы [8]:

если $H-K=3N \pm 1$, L - четное:

$$B_{2\theta}^0 = \frac{360}{\pi^2} \operatorname{tg} \theta |L| \left(\frac{d}{c} \right)^2 (3\alpha + 3\beta)$$

если $H-K=3N \pm 1$, L - нечетное:

$$B_{2\theta}^0 = \frac{360}{\pi^2} \operatorname{tg} \theta |L| \left(\frac{d}{c} \right)^2 (3\alpha + \beta)$$

где $B_{2\theta}^0$ - ширина линии на половине максимума интенсивности с вычетом инструментального уширения; c - параметр решетки; d - межплоскостное расстояние; θ - угол дифракции. α и β - концентрации деформационных и двойниковых д.у. соответственно.

Верхняя и нижняя границы вероятной плотности дислокаций оценивались по отношению к состоянию исходного необлученного образца. С учетом сведений, приведенных в [9]:

$$\frac{\rho_{\varepsilon}}{\rho_{\varepsilon_0}} = \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right)^2 \quad \frac{\rho_D}{\rho_{D_0}} = \left(\frac{D_0}{D} \right)^2 \quad \frac{\rho_{ИСТ}}{\rho_{ИСТ_0}} = \frac{\varepsilon \cdot D_0}{\varepsilon_0 \cdot D}$$

где $\frac{\rho_{\epsilon}}{\rho_{\epsilon_0}}$ - относительная плотность дислокаций,

расположенных внутри субзерен: $\frac{\rho_D}{\rho_{D_0}}$ - относительная

плотность дислокаций, образующих межкристаллитные границы: D - размер ОКР; ϵ - микродеформации

кристаллической решетки. Величины ϵ_0 ; D_0 ; ρ_{ϵ_0} ; ρ_{D_0} .

$\rho_{ист_0}$ относятся к исходному необлученному образцу.

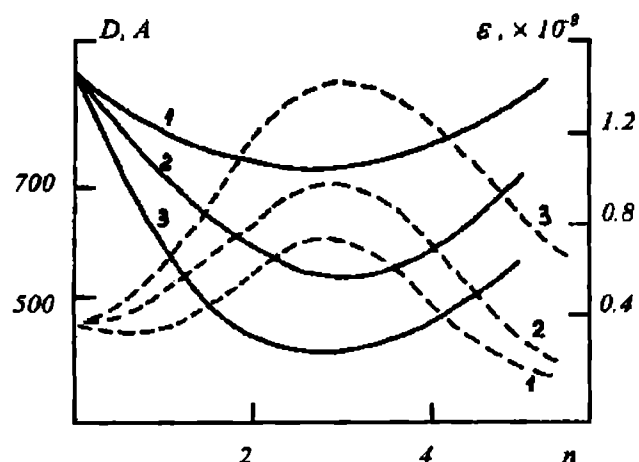


Рис.1. Зависимость элементов тонкой структуры карбида вольфрама (D и ϵ) от числа импульсов воздействия n при различных плотностях ионного тока: 1- 50 A/cm^2 , 2- 100 A/cm^2 , 3- 150 A/cm^2 . Сплошные линии соответствуют ОКР, пунктирные - микродеформациям решетки

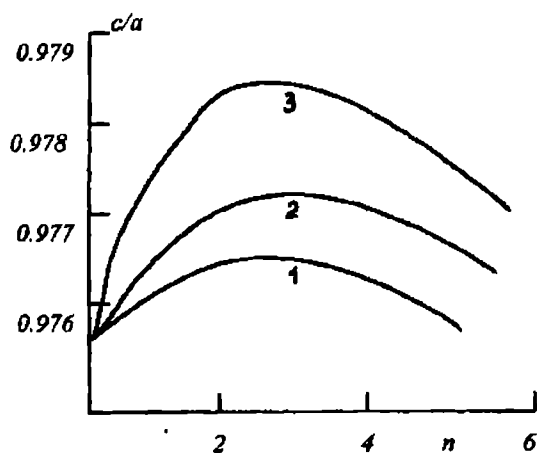


Рис.2. Изменение степени гексагональности решетки карбида вольфрама в зависимости от числа импульсов воздействия n при различных плотностях ионного тока: 1- 50 A/cm^2 , 2- 100 A/cm^2 , 3- 150 A/cm^2

Расчет параметров решетки карбида вольфрама

производился по стандартным формулам для веществ гексагональной сингонии по положению двух рентгеновских линий на больших углах отражения [10]. Угол дифракции определялся по положению центра тяжести пика с учетом поправки на инструментальный фактор.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения уширения рентгеновских линий использовались пики, соответствующие примерно равной толщине эффективного отражающего слоя, чтобы свести к минимуму ошибку, связанную с наличием распределения концентрации дефектов по глубине от облучаемой поверхности. Эволюция основных элементов тонкой структуры (D и ϵ) карбида вольфрама в зависимости от числа импульсов воздействия и плотности ионного тока представлена на рис.1. Значения вероятных нижних и верхних границ плотности дислокаций по отношению к состоянию исходного необлученного образца, а также концентрации деформационных д.у. α приведены в таблице, а изменение степени гексагональности структуры c/a , рассчитанное из параметров решеток, показано на рис.2.

Установлено, что с ростом плотности ионного тока в импульсе наблюдается уменьшение областей когерентного рассеяния (D), как следствие - возрастание искажений кристаллической решетки, формирование развитой дислокационной структуры, увеличение концентрации деформационных дефектов упаковки. Зависимость параметров субструктуры карбида вольфрама от числа импульсов воздействия носит немонотонный характер. При увеличении числа импульсов до $n=3$ происходит дальнейшее насыщение поверхностной области дефектами строения. Максимальные изменения структуры достигаются при облучении твердого сплава пучком с плотностью тока $j = 150 \text{ A/cm}^2$ и числом последовательных импульсов $n=3$.

Таблица

Расчетные значения относительной плотности дислокаций и концентрации деформационных д.у. α карбида вольфрама при различных режимах облучения

$j, \text{ A/cm}^2$	n	$\frac{\rho_D}{\rho_{D_0}}$	$\frac{\rho_{\epsilon}}{\rho_{\epsilon_0}}$	$\frac{\rho_{ист}}{\rho_{ист_0}}$	ϵ
Исходный					
		1	1	1	0.0053
50	1	1.25	1.40	1.32	0.0041
	3	1.51	4.28	2.54	0.0068
	5	1.06	0.21	0.47	0.0074
100	1	1.73	2.12	1.92	0.0107
	3	2.95	6.25	4.29	0.0098
	5	1.83	0.75	0.75	0.0098
150	1	4.53	6.36	5.37	0.0153
	3	4.46	11.78	7.25	0.0177
	5	2.51	4.18	3.24	0.0147

ри этом размер ОКР уменьшается в 2,2 раза, микроискажения решетки возрастают в 3,4 раза, плотность дислокаций - в 7,3 раза, концентрация деформационных дефектов упаковки - в 3,4 раза. Дополнительное воздействие (до $n=5$) стимулирует релаксацию всех параметров субструктуры до уровня соответствующих значений исходного материала.

Результаты исследования дефектной структуры сплавов, полученные на основе анализа формы дифракционных пиков, подтверждаются резким снижением интенсивности линий на рентгенограммах образцов со значительными структурными изменениями. Кроме того, подобные выводы находятся в соответствии с тенденциями изменения параметров кристаллической решетки и степени гексагональности структуры (рис.2).

Увеличение концентрации дефектов структуры с ростом плотности ионного тока в пучке связывается с повышением уровня термомеханических напряжений в материале мишени, что вызывает эффекты разупорядочения структуры, протекающие по различным механизмам. Возрастание числа импульсов воздействия инициирует дополнительную генерацию дефектов в приповерхностной области сплава, насыщение которыми при данной плотности ионного тока соответствует $n=3$ импульсам. При дальнейшем облучении резко интенсифицируется процесс диффузии дефектов к стокам и в глубь материала. Вероятно, что основными стоками и местами облегченной диффузии дефектов являются межкристаллитные границы.

Анализ полученных изменений позволяет выделить два основных направления структурных изменений в материалах при высокоэнергетическом воздействии. Первое направление связано с хаотическим разупорядочением кристаллической структуры и последующей релаксацией сверхвысоких концентраций точечных дефектов через стоки, что обеспечивает переход структуры в упорядоченное состояние с минимумом свободной энергии. В качестве возможных механизмов рассматривается тепловое разупорядочение, атомное перемешивание и рассеяние упругих волн на узлах решетки. Второй механизм формирования структуры включает в себя образование линейных (дислокаций) и двумерных (д.у.) нарушений структуры, осуществляемое по механизмам сдвига и скольжения атомных цепочек и плоскостей через пластическое течение отдельных составляющих при существовании значительных межфазных напряжений, а также за счет формирования градиента напряжений кристаллической решетки по глубине, связанного с высоким градиентом температур. Возможен также ударный механизм сдвига при распространении ударной волны по объему мишени. Превышение концентрации дефектов упаковки над предельно допустимой дозой для данного типа структуры может вызвать переходы аллотропного типа [11].

ВЫВОДЫ

Степень дефектности структуры карбида вольфрама при увеличении плотности ионного тока в пучке

возрастает, при этом зависимость от числа импульсов воздействия носит экстремальный характер. Максимальному насыщению приповерхностной области дефектами различного порядка соответствует облучение в режиме $j = 150 \text{ А/см}^2 \quad n = 3$.

Для объяснения экспериментальных данных предлагаются два направления структурных превращений в материалах при воздействии МИП: хаотическое разупорядочение структуры и сдвиговые механизмы формирования линейных и двумерных дефектов кристаллического строения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модифицирование поверхности ГТД по условиям эксплуатации/В.С. Мухин, А.М. Смыслов, С.М. Боровский - М.: Машиностроение. - 1995.- 253 с.
2. Исследование влияние импульсного лазерного излучения на структурно-фазовый состав твердых сплавов и эксплуатационные характеристики инструмента на их основе/Д.М. Гуреев, С.И. Ярьско, А.П. Лалетин, А.Л. Петров // Тр. ин-та им.П.Н.Лебедева. - 1989.- Т.198. - С. 90-110.
3. Изучение изменений фазового состава и напряженного состояния поверхностных слоев твердого сплава ВК20 после ионной бомбардировки/Г.Л. Платонов, Е.Ю. Леонов, В.Н. Аникин, А.И. Аникеев //Порошковая металлургия. - 1988.- N2.- С. 87-89.
4. Влияние комбинированного ионного облучения на элементный состав и износостойкость сплава WC-Co/ К.Н. Полещенко, М.Ф. Полетика, Г.И. Геринг, Г.А. Вершинин // ФХОМ.- 1995.- N 3.- С. 29-33.
5. Полещенко К.Н., Николаев А.В., Вершинин Г.А. / Термоактивируемые процессы в приповерхностных слоях сплава WC-Co при воздействии мощным ионным пучком// Поверхность. Физика, химия, механика. - 1995.- N 11. - С. 85-90.
6. Импульсный ионный ускоритель "Темп"/Д.Р. Акерман И.С. Исаков, В.Н. Колодий, М.С. Опекунов, Г.Е.Ремнев// Модификация свойств конструкционных материалов пучками заряженных частиц - Томск. 1988.-Т1. - С.3.
7. Мелькер А.И. Определение тонкой структуры по форме одной дифракционной линии методом оптимальных коэффициентов Фурье//ЛПИ. - 1975.- N 341.- С. 91-99.
8. Уоррен Б.И. Успехи физики металлов. М.: Металлургия. 1963.-Т5.- 450 с.
9. Палатник Л.С., Фукс М.Я., Косевич В.М. Механизм образования и субструктура конденсированных пленок.- М.: Наука, 1972.- 320 с.
10. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электроннооптический анализ.- М.: Металлургия, 1970.- 368 с.
11. Вишняков Я.Д. Современные методы исследования структуры деформированных кристаллов. - М.: Металлургия. 1975.- 478 с.

УДК [535:621.373.8]:539

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В.Н.Лиссон, Л.Ф.Калистратова, Э.М.Ярош, В.И.Суриков

Омский государственный технический университет

Effect of laser radiation on over conducting by transition in thin films is investigated. At repeated pulsing effect the semiconductor type of conductivity changes on metal. At existing metal conductivity even the unitary effect increases temperature of transition in over conducting by a condition and reduces its width.

Как известно из литературных источников [1-3], сверхпроводящие свойства тонких пленок существенным образом зависят и от технологии синтеза, и последующего влияния различных внешних факторов, таких как температура, режим термоциклирования и газовый состав окружающей среды. Недостаточно исследованной областью является изучение влияния на свойства сверхпроводников предельно высоких значений температур на поверхности пленочных образцов, находящихся в контакте с газовой средой.

Для создания подобных экстремальных условий (речь идет о температурах порядка тысячи и более градусов) можно использовать непосредственное воздействие импульсом излучения лазера с модулированной добротностью на поверхность исследуемых объектов. Исходные тонкопленочные образцы состава $Y-Ba_2-Cu_3-O_{7-\delta}$ были получены методом магнетронного напыления на подложках из MgO. Проведенный на установке "ДРОН-3" рентгеновский

анализ поверхности показал, что структура пленок является орторомбической типа ABO_3 с параметрами решетки $a = 3,83 \text{ \AA}$, $b = 3,89 \text{ \AA}$, $c = 11,68 \text{ \AA}$, что согласуется с данными [4,5]. Съемку рентгенограмм проводили в Со-фильтрованном излучении, расчет параметров решетки осуществлен по методике, описанной в [6]. Погрешность расчета параметров не превышала одного процента. Электросопротивление исследуемых пленок измерено четырехконтактным методом в интервале температур 70-300 К при давлении, не превышающем 0,133 Па. Погрешность измерения электросопротивления не превышала пяти процентов. Как следует из полученных результатов, исходные пленки в зависимости от технологии синтеза могут обладать как полупроводниковым характером температурной зависимости проводимости без существенных аномалий в области температур, больших 70 К, так и металлическим характером проводимости с температурой перехода в сверхпроводящее состояние $T_k = 78$

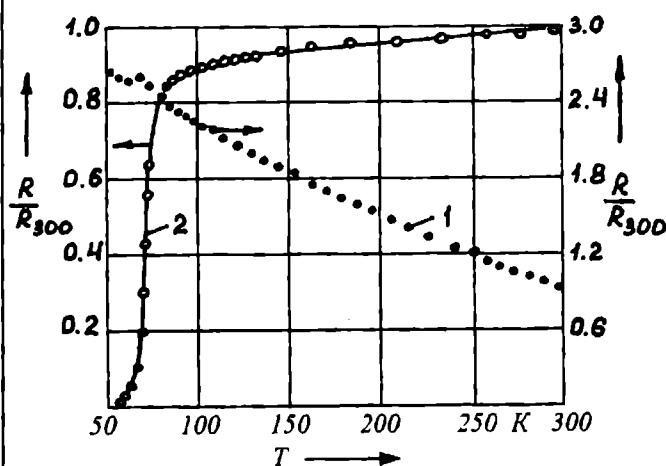


Рис.1. Температурная зависимость электросопротивления R/R_{300} для исходной структуры тонкопленочного образца (1) и после восьмикратного воздействия импульсами лазерного излучения (2)

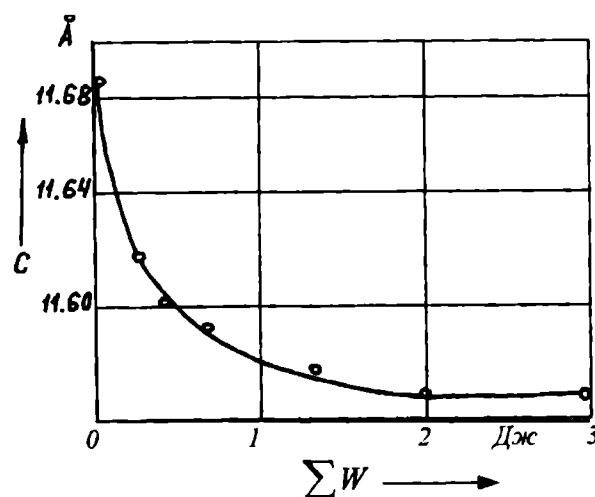


Рис.2. Зависимость параметра кристаллической решетки c от суммарной накопленной дозы лазерного излучения для тонкопленочного образца с исходной полупроводниковой температурной зависимостью электросопротивления

К и шириной перехода $T_k = 6$ К.

Для изучения влияния лазерного воздействия на параметры СП-перехода использовалось излучение рубинового лазера с модулированной добротностью энергией излучения до 3 Дж, длительностью импульса - 30 нс, длиной волны излучения - 0,69 мкм, диаметром светового пучка - 1 см. Воздействие на поверхность тонкопленочных образцов проводилось на воздухе при комнатной температуре. При проведении исследований варьировалась плотность энергии, воздействующая на образец. После каждого воздействия снимались рентгенограммы, из которых определялись параметры решетки. Температурные зависимости электросопротивления снимались до и после воздействия. На рис.1 показана температурная зависимость электросопротивления тонкопленочного образца с исходной полупроводниковой зависимостью (кривая 1). После восьмикратного воздействия с суммарной энергией 5,5 Дж характер проводимости сменился на металлический (кривая 2). Кроме того, возник ярко выраженный переход в сверхпроводящее состояние при температуре T_k порядка 80 К. Эти изменения сопровождались уменьшением параметра кристаллической решетки на величину порядка одного процента практически при неизменных параметрах a и b , причем изменение параметра решетки c от суммарной последовательно накопленной дозы лазерного излучения носит экспоненциальный характер (рис.2).

Таким образом, тонкопленочный образец, не являющийся сверхпроводником при температуре жидкого азота, стал сверхпроводящим после воздействия лазерного излучения.

На пленке, имеющей металлический характер проводимости, уже однократное воздействие импульсом лазерного излучения с энергией 0,22 Дж привело к

увеличению T_k от 71 К до 83 К и уменьшению ширины СП-перехода на 2 К. Параметр решетки c при этом уменьшился от исходного значения 11,68 Å до 11,62 Å.

Корреляция между уменьшением параметра решетки c и увеличением температуры перехода в СП-состояние T_k согласуется с литературными данными [7,8]. Полученные результаты можно объяснить тем, что взаимодействие плазмы кислорода воздуха, возникающей в приповерхностном слое облучаемой пленки, приводит к увеличению кислорода в исследуемом образце.

Таким образом, наряду с магнетронным напылением на подложки большой площади описанный метод лазерного отжига ВТСП-пленок может быть высокопроизводительным, например, при изготовлении СКВИДов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Okada M., Matsuoka D., Zou H. Et.al. - J.Appl.Phys. - 1988. - Vol. 64, № 10. - P. 5902.
2. Zhyjinsong., Wang Ilning., Xu Ziran. et. Al. - Super-cond. Sci. Technl. - 1988. - Vol. 1, № 2. - P. 88.
3. Glowacki B.A. - Supercond. Sci. Technol. - 1988. -Vol. 1, № 1. - P. 7.
4. Головашкин А.И. // УФН. - 1987.- Т. 152, вып. 4. - 553с.
5. Молчанов В.Н., Мурадян Л.А., Симонов В.И. -Письма в ЖЭТФ. - М., 1989. - Т. 49, № 4. - 222 с.
6. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. - М.:Изд-во физ.-мат. лит. . 1963.
7. Алфеев В.Н., Мощалкова Н.А. -Сверхпроводимость: физика, химия, техника. - М., 1990. - Т. 3, № 4., - 668 с.
8. Волкова Л.М., Полищук С.А. -Сверхпроводимость: физика, химия, техника. - М., 1989. - Т. 2, № 8. - 127 с.

ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ КРИСТАЛЛОВ ДИЙОДИДА РТУТИ, ВЫРАЩЕННЫХ ИЗ РАСТВОРА И ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

В.М. Залетин*, О.В. Кривокубов**, В.И. Фомин*

*Институт сенсорной микроэлектроники Сибирского отделения
Российской академии наук

**Омский государственный технический университет

The present paper deals with local conditions in band gap of monocrystal mercuric iodide (α -HgI₂) grown up out of dimethylsulphooxid (DMSO) solution in acetone and from vapor phase by static sublimation and temperature oscillation (TOM) methods. These local conditions were discovered by thermally stimulated conductivity method (TSC). The analysis of their influence upon transferring unequilibrium charge in uncooled X-ray detector on the base of α -HgI₂ crystals is being made.

Дийодид ртути красной (тетрагональной) модификации является перспективным материалом для изготовления на его основе неохлаждаемых детекторов рентгеновского излучения. Ранее сообщалось о предельных характеристиках таких детекторов [1]. Однако они получены на отдельных образцах или небольших сериях кристаллов, и проблема получения кристаллов с воспроизводимыми свойствами до сих пор является нерешенной. Структурные и примесные дефекты в кристаллах ухудшают характеристики детекторов, ведут к их нестабильности во время работы и ограничивают таким образом его возможности.

В настоящей работе методом термостимулированной проводимости (ТСП) проведены исследования локальных состояний в запрещенной зоне кристаллов дийодида ртути, выращенных тремя наиболее часто используемыми методами: методом статической сублимации (с добавлением свободного I₂ в ростовую ампулу или без такового), методом температурных осцилляций (ТОМ) и кристаллов, выращенных из раствора диметилсульфо-оксида (DMSO) в ацетоне. Подробное описание методов роста кристаллов дано в работе [2].

Для измерения термостимулированной проводимости использовалась установка, основным элементом которой являлась криокамера с размещенным в ней столиком для образца. Столик имел внутри полость для нагревателя, которым служила лампа КГМ-24 150. Специальная "рубашка" вокруг столика позволяла охлаждать его путем продувки жидкого азота. Для контроля температуры применялась медь-константановая термопара, прижатая к столику в непосредственной близости от образца. Ток регистрировался электрометрическим усилителем В7-30. Для устранения обмерзания в камере поддерживался вакуум 10⁻² - 10⁻³ мм.рт.ст. Возбуждение образца осуществлялось либо с помощью источника света, размещенного внутри камеры (лампа КГМ-12 100), либо от внешнего источника через специальное окно в корпусе камеры. Установка позволяла измерять термостимулированную проводимость в диапазоне температур 90-400 К. Экспериментальная процедура состояла из следующих этапов: возбуждение образца светом из собственной полосы поглощения при низкой температуре (образец при этом находился либо в

закороченном состоянии, либо под небольшим напряжением в 40-50 В) и последующее нагревание кристалла в темноте с постоянной скоростью. Ток, регистрируемый электрометром, записывался самописцем как функция температуры.

Образцы, использованные для измерения ТСП, приготавливались по технологии, применяемой для изготовления рентгеновского детектора [2]. Кристаллы скальвались вдоль плоскости спайности на пластины толщиной 0,3-0,5 мм. Площадь поверхности пластин, ограниченная размерами кристалла, составляла 20-25 мм². В качестве контактов использовался аквадаг, нанесенный на противоположные стороны пластин. Структуры, приготовленные таким образом, выдерживали напряжение до 1000 В, при этом темновой ток через образец не превышал нескольких сотен пА.

На рис. 1, 2 приведены типичные спектры ТСП, измеренные на кристаллах, выращенных ТОМ-методом и методом статической сублимации соответственно. Видно, что в широком температурном интервале (150-250 К) наблюдается ряд сильноперекрывающихся пиков. В этом же температурном интервале расположен и спектр кристаллов, выращенных из раствора DMSO. Использование термической очистки спектра [3] позволило выделить семь характерных пиков при температурах 159, 167, 175, 187, 206, 225, 249 К. Параметры центров, ответственных за спектральные максимумы, приведены в таблице. Определение энергии активации выполнено несколькими способами: по температуре T_m, при которой наблюдается данный максимум (метод Бьюба), характерной температуре T_i, соответствующей полувысоте пика со стороны низких температур (метод Гроссвайнера), по методу начального наклона Гарлика-Гибсона. Сравнения энергии активации, рассчитанной первым и вторым методом, с ее значением, получаемым по "начальному наклону", позволяет отнести ловушку либо к "медленному" типу, либо к "быстрому" и определить сечения захвата соответствующих ловушек σ_i , оценить их концентрацию N_i. Время жизни носителей на ловушке τ_{di} оценивалось по формуле

$$\tau_{di} = 1/\nu \cdot \exp(E_i/k \cdot T),$$

где ν - частотный фактор ловушки, k - постоянная

Больцмана. T - температура образца, равная рабочей температуре детектора 300 К.

Наиболее интенсивный пик при 187 К (до 2 нА) наблюдался на всех структурах, независимо от их качества, метода роста кристалла и степени его легирования. Этот пик интерпретирован как ловушка для электронов с энергией активации 0,3 - 0,4 эВ. Он определяется, по-видимому, структурными дефектами. Кристаллы, не обладающие спектрометрическими свойствами, имели интенсивные пики проводимости при температурах 225 и 249 К. Эти пики интерпретированы как ловушки для дырок с энергией активации 0,48 - 0,65 эВ. Кроме того, такие структуры обладают существенно большей высотой пиков в спектрах в области температур 150 - 175 К. На ряде кристаллов удалось выделить пик при проводимости с температурой максимума при 159 К. Энергия активации соответствующего уровня порядка 0,36 - 0,56 эВ. Как видно из таблицы.

наибольшее время жизни носителей заряда на ловушке соответствует ловушкам, которые отвечают за максимумы ТСП при температурах 187 и 247 К (0,13 и 1,3 секунды соответственно).

Метод ТСП широко применялся для изучения кристаллов дийодида ртути [4 - 9]. Однако сильная зависимость положений максимумов в спектре от условий эксперимента, технологии нанесения и материалов контактов не позволяют сопоставить пики термостимулированных токов по их температурному положению. Вместе с тем качественный вид спектров и расчетные значения параметров ловушек имеют близкие характеристики.

В заключение отметим, что дефекты, дающие энергетические уровни $E_t = 0,30 - 0,45$ эВ и $E_t = 0,65$ эВ, интерпретированные как электронные и дырочные ловушки и характеризующиеся временами жизни носителей на них 0,13 и 1,3 с соответственно, будут отвечать за накопление

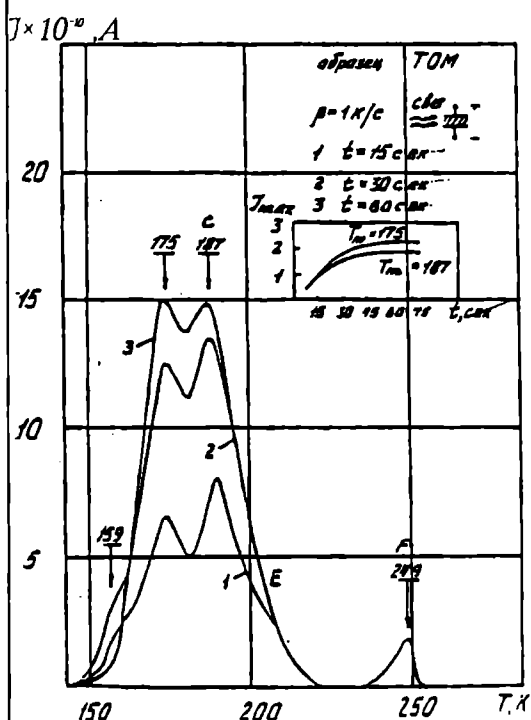


Рис.1. Спектр термостимулированной проводимости кристаллов, выращенных ТОМ-методом (На вставке показана зависимость высоты максимума при температуре 175 и 187 К от времени возбуждения)

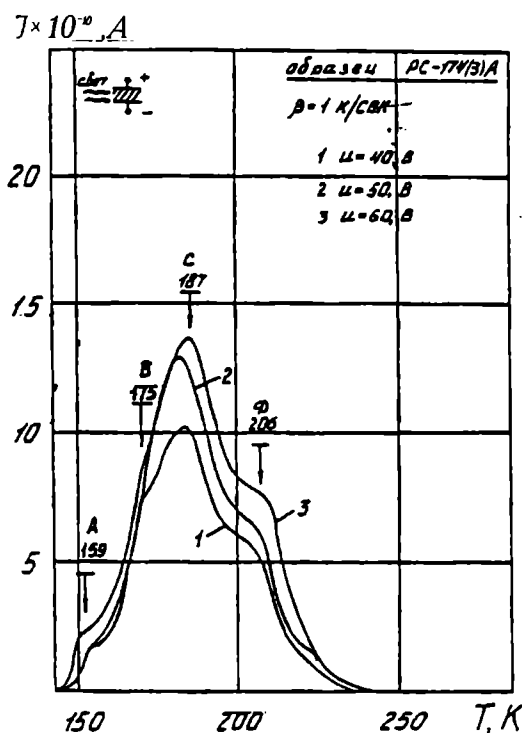


Рис.2. Спектр термостимулированной проводимости образца РС-174(3)А, измеренный при различных значениях напряжения на структуре

Таблица

Параметры локальных центров в кристаллах α -HgI₂

Центр	Температура макс. T_m, K	Энергия актив. E_t, eV			Тип	Сечение захвата σ_t, cm^2	Концентрация N_t, m^{-3}	Время захвата τ_t, s	Время на центре τ_d, s
		B	GG	G					
A	159	0.36	0.43	0.56	n	$7.0 \cdot 10^{-14}$	$1.7 \cdot 10^{-12}$	$8.6 \cdot 10^{-5}$	$4.4 \cdot 10^{-5}$
B	167-175								
C	187	0.40	0.33	0.30	n	$5.0 \cdot 10^{-19}$	$2.0 \cdot 10^{-17}$	$6.3 \cdot 10^{-5}$	0.13
D	206	0.44	0.66	0.63	n	$1.0 \cdot 10^{-11}$	$1.0 \cdot 10^{-10}$	$7.0 \cdot 10^{-5}$	$1.7 \cdot 10^{-3}$
E	225	0.48	-	-	p	-	-	-	-
F	249	0.53	0.65	0.65	p	$1.0 \cdot 10^{-14}$	$9.0 \cdot 10^{-2}$	$7.0 \cdot 10^{-5}$	1.3

Примечание. B - по Бьюбу, GG - по Гарлику-Гарлику, G - по Гроссвайнеру.

объемного заряда в детекторных структурах. Баланс между двумя этими уровнями (соотношение концентраций, однородность распределения по объему) будет, по всей вероятности, определять характеристики детектора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атомная энергия. В.М. Залетин, О.В. Кривоzubов, М.А. Торлин, В.И. Фомин.-1987.- Т. 63, вып. 2.-140 с.
2. Дийодид ртути. Получение, свойства, применение / В.А. Гайслер, В.М. Залетин, Н.В. Лях и др. - Новосибирск: Наука. 1984.- 103 с.
3. Вертопрахов В.Н., Сальман В.Г. Термостимулированные токи в неорганических веществах.- Новосибирск: Наука, 1979.- 331 с.

4. Whited R.C., Van den Berg L. // IEEE Trans. on Nucl. Sci.-1977.- NS-24, 1.-P.165.
5. Gelbart V., Yacoby Y., Beinglass I., Holzer A. // IEEE Trans. on Nucl. Sci. -1977.-NS-24, 1.-P.135.
6. Friant A., Mellet J., Salion C., Brahim T.M. // IEEE Trans. on Nucl. Sci. -1980.- NS-27, 1.-P.281.
7. De Blasi C., Galossini S., Manfredotti C. // Nucl. Instr. and Meth.-1978.- 150.1.-P. 103.
8. Tadjene A., Galossini D., Manfredotti C. // Nucl. Instr. and Meth.-1983.-213.-P. 77.
9. Brahim T.M., Friant A., Mellet J. // Phys. stat. sol., (a)-1983.- 79.-P.71.

УДК 539.2: 678.743.41

ВЯЗКОУПРУГИЕ СВОЙСТВА НАПОЛНЕННОГО ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА В ВЫСОКОЭЛАСТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ

О.В. Крпотин, В.И.Суриков, В.А.Федорук

Омский государственный технический университет

by mechanical relaxation methods the concentration dependence of viscoelastic characteristics of polytetrafluoroethylene with carbon fibre and metallic filler has been established bu mechanical relaxation methods. The correlation of changes of viscoelastic

Политетрафторэтилен (ПТФЭ) относится к линейным кристаллическим полимерам, композиции на основе которого широко используются в качестве конструкционных и антифрикционных материалов благодаря комплексу

уникальных физических свойств. Введение наполнителей различного типа приводит к различного характера изменениям свойств кристаллических полимеров, в том числе и политетрафто-рэтилена(ПТФЭ) [1-3]. На сегодняшний день

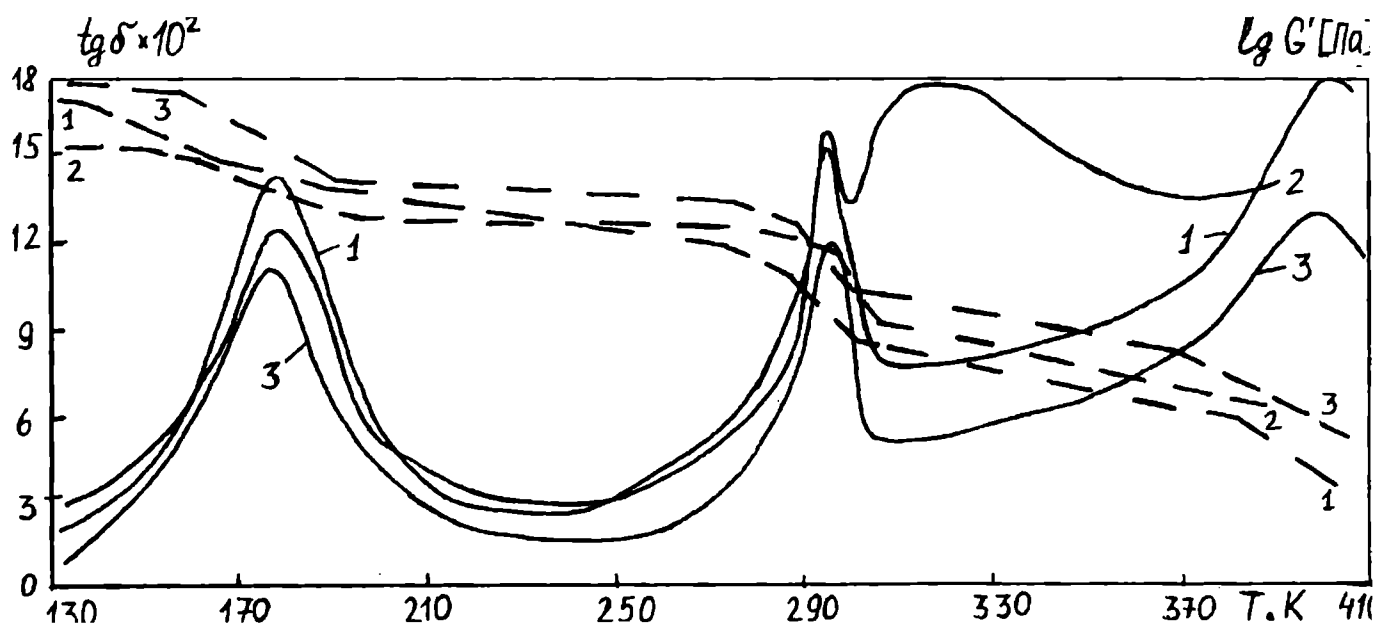


Рис. 1. Температурные зависимости модуля сдвига и фактора потерь для исследуемых образцов: $lg G'$, $tg \delta$. 1 - ПТФЭ, 2 - ПТФЭ-1 %ДБ, 3 - ПТФЭ-10 %УВ

нет общепризнанного и завершенного подхода, способного объяснить закономерности влияния наполнителей на структуру и свойства полимеров этого класса.

Цель настоящей работы - показать на примере политетрафторэтилена влияние структурных изменений, обусловленных наполнителями разного типа, на вязкоупругое поведение полимера в высокоэластическом состоянии. В качестве объектов исследования выбраны две модельные системы: "ПТФЭ - УВ" и "ПТФЭ - ДБ", где УВ - измельченное углеродное волокно марки "Урал Т-10" с длиной волокон 50-250 мкм; ДБ - мелкодисперсный бронзовый порошок с размерами частиц ≈ 71 мкм;

x - массовая доля наполнителя, варьируемая в пределах от 0 до 30%. Материалы готовились методом сухого смешивания с последующим свободным спеканием.

Вязкоупругие свойства изучали на обратном вертикальном крутильном маятнике методом свободных затухающих колебаний на частоте 1-2 Гц в диапазоне температур от 125 до 425 К с погрешностью по динамическому модулю сдвига G' 3-5% и по фактору потерь $\text{tg}\delta$ 5-8%.

Кривые температурных зависимостей динамического модуля сдвига и фактора потерь для некоторых изученных материалов приведены на рис.1, из которого следует, что ход температурных зависимостей G' и $\text{tg}\delta$ для образцов модельных систем в целом соответствует аналогичным зависимостям ненаполненного ПТФЭ. Отличия наблюдаются в величине и степени уширения трех максимумов $\text{tg}\delta$, соответствующих двум релаксационным и одному структурному переходу [4,5].

На рис.2 показаны концентрационные изотермы модуля сдвига G' композиций ПТФЭ-ДБ (кривая 1) и ПТФЭ-УВ (кривая 2). Для материалов с бронзовым наполнителем экстремальный характер зависимости G' от концентрации наполнителя ϕ наблюдается в области малых концентраций (менее 5%). В области концентраций более 5% имеет место незначительный рост G' с ростом ϕ , что характерно для свойств композиций, подчиняющихся правилу механической смеси. Изменение G' с изменением доли наполнителя хорошо согласуется с концентрационной зависимостью величины максимального значения фактора потерь $\text{tg}\delta_{\text{max}}$ при механическом стекловании аморфной фазы ПТФЭ. Кривая зависимости $\text{tg}\delta_{\text{max}}$ от ϕ представлена на рис. 3 (кривая 1). Такая корреляция может быть объяснена в первую очередь изменением соотношения кристаллической и аморфной фаз в образцах с разным содержанием наполнителя. Известно, что высота максимума фактора потерь $\text{tg}\delta_{\text{max}}$ при стекловании зависит от степени кристалличности полимера. Поэтому в образце, содержащем 1% ДБ, степень кристалличности максимальная по сравнению с другими образцами ($\text{tg}\delta_{\text{max}}$ имеет минимальное значение). Это одна из причин аномального значения G' материала с 1% ДБ. Косвенным подтверждением вышесказанного является изменение вида спектра внутреннего трения ПТФЭ с 1% примеси ДБ, наблюдаемое в области температур, соответствующих молекулярной подвижности в паракристаллической фазе (370-400 К). Начиная с 5% ДБ спектр восстанавливается и принимает

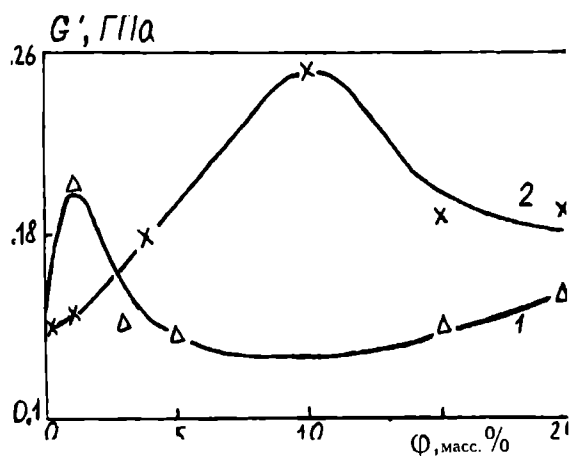


Рис. 2 Концентрационные зависимости динамического модуля сдвига G' при $T=350$ К: 1 - ПТФЭ-ДБ, 2 - ПТФЭ-УВ

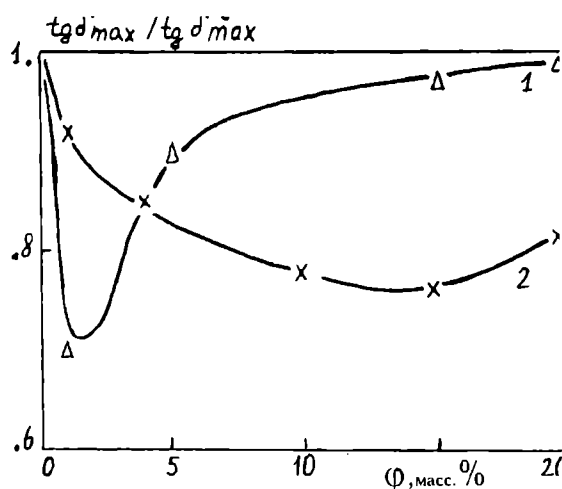


Рис.3. Концентрационные зависимости относительной интенсивности максимума фактора потерь для процесса стеклования: 1 - ПТФЭ-ДБ, 2 - ПТФЭ-УВ

вид, присущий ненаполненному ПТФЭ. В ряду факторов, оказывающих влияние на вязкоупругие свойства наполненных материалов на основе кристаллических полимеров с металлическим наполнителем, межфазный слой, по видимому, играет малозаметную роль. Преобладающими здесь являются надмолекулярная структура матрицы и ее трансформация с введением наполнителей, объемное содержание наполнителей, их физическая и химическая природа, характеризующая критической концентрацией $\phi_{\text{кр}}$ [6]. По нашим данным, полученным путем анализа изменения энтропии ΔS структурного перехода в наполненных материалах на основе ПТФЭ, критическая концентрация бронзового порошка в политетрафторэтилене составляет примерно 92% по объему, что свидетельствует о слабой

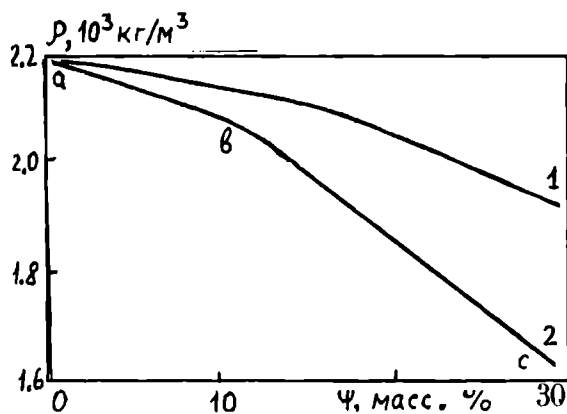


Рис. 4. Концентрационные зависимости плотности композита ПТФЭ-УВ:
1- теоретическая, 2- экспериментальная

структурной активности указанного наполнителя. По этой причине следует ожидать, что модель "механической смеси" будет справедлива для достаточно больших концентраций.

Критическая концентрация в случае углеродного волокна составляет примерно 50 % [7]. Это является показателем заметной структурной активности углеродного волокна, проявляющейся в виде экстремальных концентрационных зависимостей ряда характеристик полимерных материалов. Так, кривая зависимости динамического модуля сдвига от содержания УВ (рис.2, кривая 2) свидетельствует о наличии максимума G' при $\phi \approx 10 - 15\%$. Такое поведение G' хорошо коррелирует с зависимостью от ϕ максимального значения $\text{tg} \delta_{\text{max}}$ в области механического стеклования ($T \approx 178 \text{ K}$) (рис. 3, кривая 2) и плотности материала при комнатной температуре (рис. 4).

Уменьшение $\text{tg} \delta_{\text{max}}$ с ростом содержания УВ до 10 % соответствует росту кристаллической фазы. Эффект усиления (рост G') с увеличением доли высокомодульного УВ поддерживается ростом кристаллической фазы. Это подтверждается результатами рентгеноструктурного анализа. Плотность наполненного материала является интегральной характеристикой состояния материала с учетом всех присутствующих в нем фаз. Излом на кривой $\rho(\phi)$ при $\phi \approx 10 - 15\%$ может быть следствием двух причин: образования межфазного слоя на границе фаз матрица-

наполнитель и (или) образования недоступных для полимера пустот в рыхлоупакованных агрегатах из измельченного УВ. Экстраполяция линейного участка b-c кривой $\rho(\phi)$ до $\phi=100\%$ дает значение $\rho=250 \text{ кг/м}^3$ при плотности УВ $\rho=1700 \text{ кг/м}^3$. Полученный результат может быть объяснен образованием пустот в композициях, содержащих УВ более 10 - 15%. Это существенно образом влияет на упругие характеристики композита - вместо ожидаемого роста G' с увеличением содержания высокомодульного УВ наблюдается его уменьшение в 1.4 - 1.7 раза относительно максимального значения G' при $\phi \approx 10\%$ в высокоэластическом состоянии (в интервале температур от 250 до 350 К).

Таким образом, результаты проведенных исследований убедительно свидетельствуют о неоднозначном и различном характере влияния наполнителей разного типа на вязкоупругие свойства композиций на основе политетрафторэтилена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Структура и свойства малонаполненного ПТФЭ / О.А. Адрианова, А.В.Виноградов, Ю.В. Демидова и др. // Механика композитных материалов. - 1986. - №3, С. 399 - 401.
2. Коваленко Н.А., Черский И.Н. Исследование физико-механических свойств композиций на основе политетрафторэтилена с углеродным наполнителем // Механика композитных материалов. - 1991. - №1, С. 14 - 19.
3. Влияние углеродного волокна на вязкоупругие свойства ПТФЭ / И.М.Брянская, В.И.Суриков, Вад.И.Суриков и др. // Пластические массы. - 1993. - С.33 - 34.
4. Перепечко И.И. Акустические методы исследования полимеров. - М.:Химия, 1973. - 296 с.
5. McCrum N.G. An internal friction study of polytetrafluoroethylene // J. Polimer Sci. 1959. - V.34. - P. 355 - 365.
6. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров. - М.: Химия, 1977. - 304 с.
7. Предельные концентрации наполнителей и некоторые свойства межфазного слоя в композитах на основе политетрафторэтилена / Вал. И. Суриков, В.К. Волкова, С.В. Данилов, Е. П. Дьяков, Вад. И. Суриков // ОмГТУ. - Омск. 1997. - 15 с. Деп. в ВИНТИ 14.03.97. № 791-В97.

УДК 62-192

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ

В.А.Наумов

Омский государственный технический университет

The present paper deals with the general theory of machine elements, instruments and tools for service life. The theory concerns the most common regularities of objects physical wear and prevention of that, maintaining a certain level of operation mode. Mathematical equations of service life and wear are applied. Some problems solved by technique of life service theory are mentioned.

Названная в заглавии проблема разрабатывается автором и его учениками свыше двадцати лет. В рамках короткой статьи нет возможности всеобъемлюще и доказательно изложить ее сущность, поэтому здесь представлены главные ее положения. Прежде всего необходимо отметить несогласие автора со сложившейся в настоящее время системой основных постулатов надежности и работоспособности [1], критика которых наконец-то была опубликована в центральной печати [2]. Согласно этой работе "...работоспособность - физический процесс, выражающийся в сопротивляемости объекта процессу необратимого изменения его состояния по тем закономерностям и явлениям, которые обеспечивают его работоспособное состояние". Работоспособное состояние любого объекта предполагает обязательное наличие в нем двух одновременно действующих процессов: деградации состояния, т.е. старения, и сопротивления старению - работоспособности, определение которой приведено выше. По своей физической сущности процесс деградации объекта един, двойное его представление необходимо из-за различных начальных условий отсчета показателей.

ПРЕДМЕТ И СТРУКТУРА ОБЩЕЙ ТЕОРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ

Предметом общей теории работоспособности является исследование наиболее общих закономерностей изменения состояния объектов, которые вызывают уменьшение первоначального уровня служебных свойств. Функция, описывающая работоспособность, всегда убывающая. Этот же процесс можно рассматривать как накопление объектом микрповреждений, отрицательного изменения свойств, разрушений, что можно квалифицировать общим понятием - старение и описать возрастающей функцией. Эти зависимости взаимодополняющие.

$$R(t) + S(t) = R_0 = const.$$

где $R(t)$ - физическая функция работоспособности,
 $S(t)$ - физическая функция старения объекта,
 $R_0 = f(M, K_{\Phi}, T_{из})$ - начальный уровень (запас) работоспособности, как правило, независимый от времени работы и обусловленный выбором материала M , конструктивного решения K_{Φ} и технологии изготовления $T_{из}$.

Основной общей теории работоспособности является гипотеза о существовании единого закона старения во времени для любого объекта независимо от физических, химических, механических и других явлений, обуславливающих процесс деградации его состояния [2, 3, 5]. Одним из доказательств, подтверждающих существование единого закона старения, служит то обстоятельство, что все функции непрерывных распределений случайных величин, описывающие процессы старения и работоспособности, имеют общую методологию формирования и тождественно подобны физическим уравнениям работоспособности и старения [2, 3, 5]. Многочисленные экспериментальные данные по износу, потере прочности, коррозии и другим процессам старения подтвердили, что такой закон существует. Для простейших случаев он имеет вид [4, 5, 6]

$$-\lambda_r(t) = \frac{R'(t)}{R(t)} \quad (1)$$

где $\lambda_r(t)$ - детерминированная интенсивность старения, $R(t)$, $R'(t)$ - соответственно функция работоспособности и ее первая производная.

Решение уравнения (1):

а) функция работоспособности (выражает в момент t долю неизрасходованного начального запаса работоспособности R_0):

$$R(t) = R_0 \exp\left[-\int_0^t \lambda_r(t) dt\right] \quad (2)$$

б) детерминированная функция старения (выражает в момент t долю израсходованного начального запаса работоспособности R_0):

$$S(t) = R_0 \left\{ 1 - \exp\left[-\int_0^t \lambda_r(t) dt\right] \right\} \quad (3)$$

В уравнениях (2), (3) $T_{г}$ - предельно возможный ресурс работы объекта. Единая (типичная) кривая старения изображена на рис.1.

На ней выделены 3 участка старения: участок

прирабочного, рабочего и катастрофического старения. Анализ этой кривой показал, что она является результирующей алгебраической суммы двух процессов (рис.2): кривой прирабочного и рабочего старения, для которой характерна убывающая первая производная (рис.2а), и кривой неблагоприятного старения, которая характеризуется возрастающей первой производной (рис.2б). На этом рисунке приведены аппроксимирующие уравнения [4,6] каждого из слагаемых, причем $R_0 = R_{01} + R_{02}$. Существование подобной кривой старения установлено для процессов износа, потери усталостной прочности коррозионным явлением и других процессов

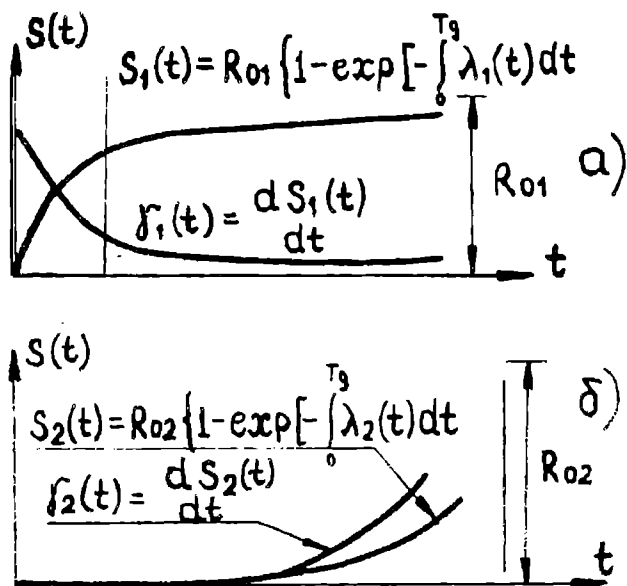


Рис.1. Типичный вид кривой старения S(t)

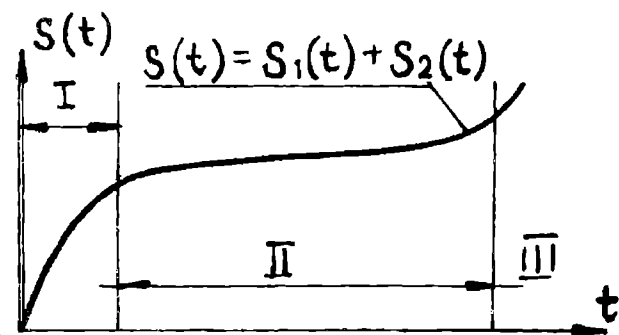


Рис.2. Составляющие типичной кривой: а) кривая прирабочного и рабочего старения $S_1(t)$ и ее первая производная $\gamma_1(t)$; б) кривая рабочего и катастрофического старения $S_2(t)$ и ее первая производная $\gamma_2(t)$ старения как в приведенных коллективном опытах [3,5,6], так по данным других исследований.

ИНЖЕНЕРНЫЕ ЗАДАЧИ. РЕШЕНИЕ КОТОРЫХ РАЗРАБОТАНО НА ОСНОВЕ ПОЛОЖЕНИЙ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Аппроксимирование результатов эксперимента трансцендентными уравнениями [3-6]. Установлено, что во

всех реально протекающих процессах старения действует, как правило, два процесса. В первую часть времени доминируют только первый процесс - "благоприятное старение", имеющее убывающую первую производную. На втором участке продолжается действие первого процесса, а на определенном этапе начинает проявляться действие "неблагоприятного старения" (как суммарное действие оно во многих случаях имеет линейный характер). На третьем участке доминирует "неблагоприятное старение".

Разработаны физические основы расчета предельно-возможного и гарантийного ресурса работы объекта [5]. Сущность расчета состоит в установлении уровней работоспособного состояния (безотказности, долговечности) с соответствующей минимально-допустимой вероятностью безотказной работы и определении соответствующего этой вероятности ресурса путем введения коэффициента запаса работоспособности.

Разработана методика так называемых совмещенных расчетов с использованием статистических (вероятностных) и физических моделей [3,5]. Она основана на установленном подобии обоих видов моделей. Расчетное уравнение, например, в левой части имеет статистическую модель, а в правой - соответствующее ей физическое уравнение, которое описывает требования к процессу, явлению и позволяет определить физические характеристики.

Общая теория работоспособности связывает статистическую теорию надежности с физикой процессов и явлений и в этом качестве представляет ее физическую основу.

Многие задачи машиностроения (например, задача о гарантийном ресурсе объекта) имеют физическое решение, основанное только на положениях теории работоспособности.

Общая теория работоспособности в существенной степени расширяет возможности познания, контроля и проектирования элементов технической продукции.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 27.002-83 Надежность в технике. Термины и определения.-М., 1987.
- Наумов В.А. О физической сущности терминов и определений надежности и работоспособности // Надежность и контроль качества. -1996. - №3. - С.3-10.
- Наумов В.А. Теоретические основы оценки надежности технических устройств по работоспособности. - Омск: Зап.-Сиб. кн.изд-во. - 1975. -159 с.
- Наумов В.А. Аппроксимация экспериментальных кривых работоспособности и надежности трансцендентными уравнениями. - Новосибирск: Изд-во НИСИ. 1977. - 64 с.
- Наумов В.А., Ефремов В.В., Чурсин А.А. Теория и практические вопросы работоспособности элементов машин, приборов и аппаратуры. - Иркутск: Изд-во ИРГУ. 1984. -220 с.
- Наумов В.А. Аппроксимация экспериментальных кривых работоспособности и надежности.- Омск: Изд-во ОмГТУ. 1994. - 75 с.

УДК 621.81.004.621.63+621.81.004.67

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И АППАРАТОВ

Ю.Н.Вивденко

Омский государственный технический университет

In this article engineering of reestablishment of wearing machines and equipment option is proposed at the base of qualitative characteristics of this parts deviations in maintenance

Исследование состояния материала, линейно-угловых характеристик, поверхности и поверхностного слоя деталей эксплуатируемых энергетических машин, транспортной, авиационной техники, технологических машин и аппаратов в нефте- и газодобыче и переработке выявило широкий

диапазон видов отклонений и изменяющихся характеристик свойств деталей в процессе их изнашивания. Отдельные результаты классификации отклонений характеристик качества деталей в процессе эксплуатации машин и аппаратов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Классификация отклонений качества деталей для их восстановления

Виды отклонений характеристик качества деталей в эксплуатации	Наименование параметров отклонений	Примеры деталей, подлежащих восстановлению	
		Детали, их элементы, материалы	Критерии необходимости восстановления
1	2	3	4
Изменение состояния материала поверхностного слоя детали, включая материал покрытия	Изменение химического, фазового, структурного состава материала покрытия и детали	Корпус задвижки паропровода, сталь 10ХСНД	Глубина проникновения коррозии $h > 0.1$ мм
	Изменение механических свойств основного материала детали и покрытия (твердости, микротвердости, пластичности и др.)	Коренные шейки коленвала агрегата стационарного холодильника, легированная сталь 25Х2ГНТА	Твердость материала $HB < 400$
	Шаржирование материала поверхностного слоя	Корпус подшипника ручной шлифовальной машины, алюминиевый сплав АЛ32	Площадь шаржирования $S > 30$ %
Изменение состояния поверхности детали, включая покрытие	Повышение шероховатости	Седло шарового клапана, коррозионно-стойкая сталь 06ХН28МДТ	Шероховатость поверхности $R_z > 10$ мкм
	Разрушение поверхности с образованием задиров, вмятин	Шейка вала угледробильного агрегата ТЭЦ, сталь 14Г2АФ	Глубина вмятин $h > 5$ мм
	Следы разрушения поверхности деталей	Перо лопатки турбины наземного газотурбинного двигателя, жаропрочный сплав ХН56ВМТЮ-ВД	Глубина проникновения эрозии $h > 0.1$ мм

1	2	3	4
Образование посторонних наслоений на поверхности деталей	Образование нагара, отклонений на поверхностях деталей	Плунжерные пары топливо-регулирующей аппаратуры ДВС. высокопрочная сталь Н18К9М5Т	Толщина отклонений $h > 0.05$ мм
	Наслоения продуктов коррозии от деталей	Шток насоса продуктопровода. коррозионно-стойкий сплав Н70МФ	Толщина наслоений продуктов в коррозии $h > 0.1$ мм
Изменение линейно-угловых характеристик деталей и их элементов	Изменение размеров деталей вследствие потери материала поверхностного слоя за счет износа	Рабочие винты винтовых насосов. высокопрочная сталь 20Х13Н4Г9	Величина уменьшения диаметра $\Delta D 0.02$ мм
	Отклонения размеров деталей вследствие коробления, местной и общей пластической деформации деталей	Перо лопатки осевого газового компрессора, коррозионно-стойкая сталь ХН65МВ	Величина увода оси пера вследствие коробления пера $\Delta \gamma 5^\circ$
Разрушение детали или ее отдельных элементов	Образование трещин	Крышка редуктора подъемника. легированная сталь 30ГСП	Визуальное выявление трещин
	Местное разрушение отдельных элементов в виде сколов, отрыва части элементов	Перо лопатки турбины стационарной ГТУ. жаропрочный сплав ХН67ВМТЮ	Наличие скола на пере лопатки
	Местное разрушение поверхности вследствие кавитации	Проточная часть корпуса водяного насоса ТЭЦ. сталь 10ХСНД	Глубина раковин $h > 2$ мм

При этом отклонения состояния свойств деталей систематизированы по следующим направлениям:

- изменение состояния материала детали, в том числе поверхностного слоя, связанное с отклонениями от заданного химсостава, фазового состава, остаточных напряжений, наклепа, с отслоением покрытия и другими изменениями;
- изменение состояния поверхностей деталей, связанное с отклонением от заданной шероховатости, внесением дефектов в виде вмятин, царапин и т. п.;
- формирование посторонних наслоений и отклонений на поверхностях деталей ;
- изменение линейно-угловых характеристик деталей;
- разрушение деталей или их отдельных элементов.

Принимая во внимание отсутствие общепринятой классификации видов отклонений характеристик качества деталей в процессе эксплуатации, предложенная систематизация ставила задачи определения величины дефектного слоя деталей, который необходимо снять при

восстановлении, установления величины отклонений линейно-угловых характеристик деталей и путей обеспечения заданных характеристик в процессе восстановления, выбора способов нанесения восстановительного слоя и обоснования последующих способов размерной, модифицирующей и финишной обработки деталей на основе имеющегося опыта [1- 3].

С учетом классификации отклонений свойств деталей в эксплуатации выполнено обоснование технологий восстановления этих деталей (см. табл.2).

Изложенные материалы использованы для решения задач оптимизации процессов восстановления деталей.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Вивденко Ю.Н. Обобщенная схема поверхностного слоя деталей при восстановлении // Поверхность. Технологические аспекты прочности. -Уфа, 1994.-С.54-59.

Таблица 2
Основные этапы технологий восстановления деталей

Наименование этапов	Задачи, решаемые на каждом этапе
Диагностика состояния изношенной детали	Определение характеристик отклонений свойств деталей при их эксплуатации
Частичное восстановление линейно-угловых характеристик	Снижение отклонений размеров и формы деталей путем рихтовки, правки, калибрования
Термическая обработка	Восстановление механических свойств материала деталей
Подготовка поверхностей деталей для нанесения восстановительного слоя	Удаление дефектного слоя, обеспечение условий для выравнивания восстановительного слоя
Нанесение восстановительного слоя	Нанесение слоя с применением гальванических или высокоэнергетических технологий
Размерная обработка деталей	Обеспечение заданных линейно-угловых характеристик деталей
Модифицирующая обработка	Повышение эксплуатационных свойств материала поверхностного слоя деталей
Финишная обработка	Обеспечение заданного состояния поверхностного слоя деталей

2. Логунов А.В., Белявский А.К. Восстановление деталей ГТД из титановых и никелевых сплавов методом лазерной модификации газотермических покрытий // Вестн. машиностроения. - 1992. - № 6. - С. 56-59.

3. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / Пер. с япон. В.Н.Попова; Под ред. В.С.Степина, Н.Г.Шестерина. - М.: Машиностроение, 1985. - 240 с.

УДК 621.828.3-387

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА УРАВНОВЕШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ С РЫЧАЖНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

В.Т. Швецов

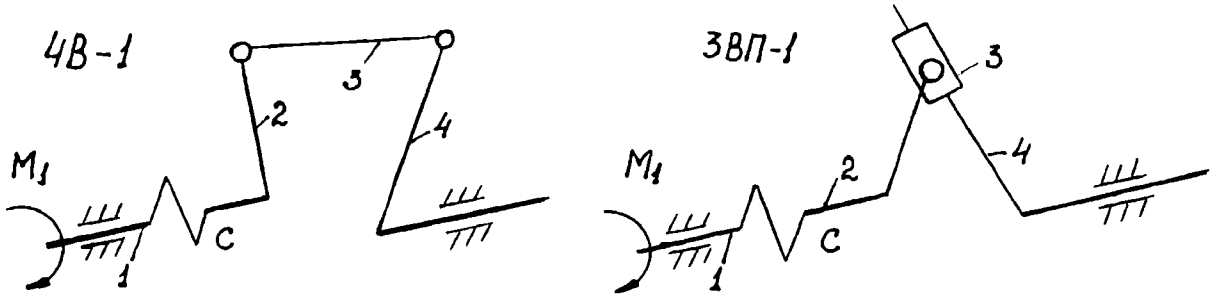
Омский государственный технический университет

The perspectives of structural synthesis for dynamic dampening of angle wobbling with additional links produced by arm mechanisms for transforming movement with nonlinear function of transmission are examined in this paper. Special attention is paid to the major structural groups formed on the basis of arm mechanisms with a small amount of links. Quality evaluation and suggestions concerning their major properties are made.

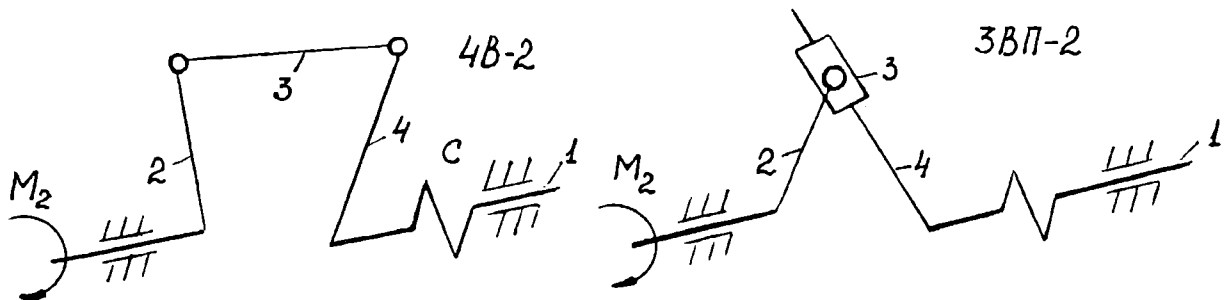
Известно, что типовые средства уравнивания и виброзащиты имеют простые конструкции и надежны в работе, однако их возможности ограничены и не отвечают

возрастающим требованиям по защите машины от вибраций. Поэтому закономерным и актуальным является интерес исследователей к системам с дополнительными

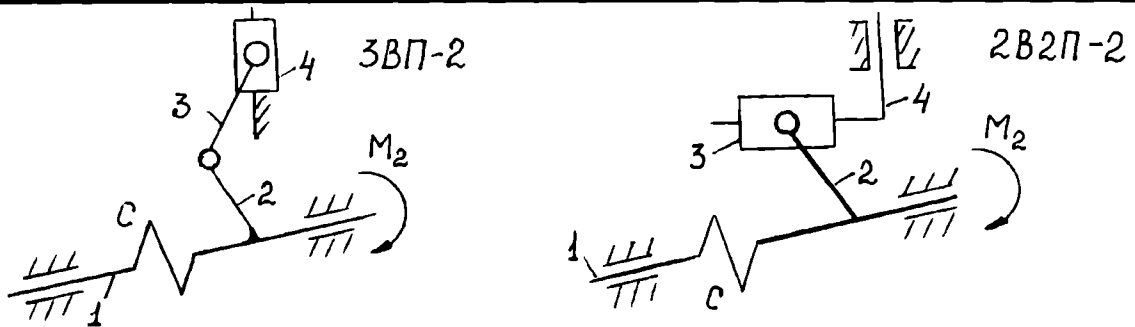
Устройства с инерционными нагрузителями



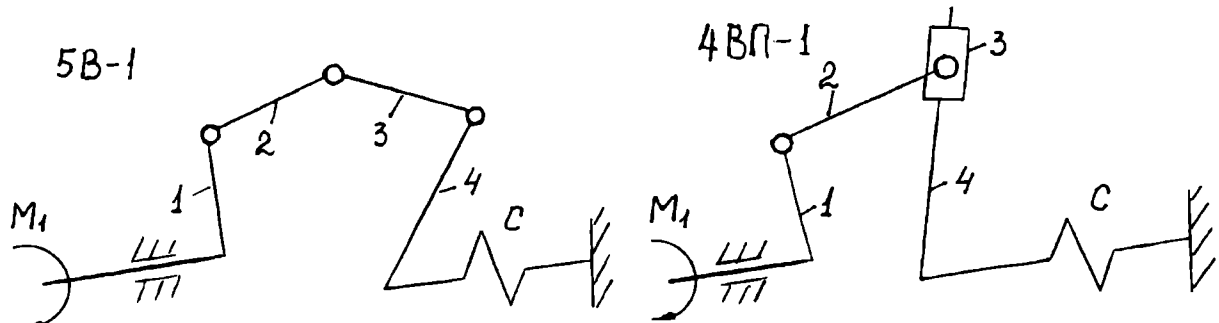
Устройства с корректорами колебаний



Параллельная установка ДГ и МПГ



Устройства с дифференциальными МПД



Устройства с инерционными нагрузителями

$$Y_1 \ddot{d}_1 + C_{12} (d_1 - d_2) = M_1(t),$$

$$Y_2^* \ddot{d}_2 + C_{12} (d_2 - d_1) = -0,5 \dot{d}_2^2 \frac{\partial Y_2^*}{\partial d_2},$$

$$Y_2^* = Y_2 + Y_3 (\Pi_{23}^\omega)^2 + Y_4 (\Pi_{24}^\omega)^2.$$

Устройства с корректорами колебаний

$$Y_1 \ddot{d}_1 + C_{14} (d_1 - d_4) = 0,$$

$$Y_2^* \ddot{d}_2 + C_{14} \cdot \Pi_{24}^\omega (d_4 - d_1) = M_2(t) - 0,5 \dot{d}_2^2 \cdot \frac{\partial Y_2^*}{\partial d_2},$$

$$d_4 = d_4(d_2).$$

Параллельная установка ДГ и МПД

$$Y_1 \ddot{d}_1 + C_{12} (d_1 - d_2) = 0,$$

$$Y_2^* \ddot{d}_2 + C_{12} (d_2 - d_1) = M_2(t) - 0,5 \dot{d}_2^2 \cdot \frac{\partial Y_2^*}{\partial d_2}.$$

Устройства с дифференциальными МПД

$$Y_{11} \ddot{d}_1 + 0,5 \frac{\partial Y_{11}}{\partial d_1} \cdot \dot{d}_1^2 + \frac{\partial Y_{11}}{\partial d_4} \cdot \dot{d}_1 \cdot \dot{d}_4 + Y_{12} \ddot{d}_4 +$$

$$+ \left(\frac{\partial Y_{12}}{\partial d_4} - 0,5 \frac{\partial Y_{22}}{\partial d_1} \right) \cdot \dot{d}_4^2 = M(t),$$

$$Y_{22} \ddot{d}_4 + 0,5 \frac{\partial Y_{22}}{\partial d_4} \cdot \dot{d}_4^2 + \frac{\partial Y_{22}}{\partial d_1} \cdot \dot{d}_1 \cdot \dot{d}_4 + Y_{12} \ddot{d}_1 +$$

$$+ \left(\frac{\partial Y_{12}}{\partial d_1} - 0,5 \frac{\partial Y_{11}}{\partial d_4} \right) \cdot \dot{d}_1^2 + C_{04} \cdot d_4 = 0.$$

связями, в которых сохраняются достоинства традиционных пассивных схем уравнивания и виброзащиты и существенно расширяются их предельные возможности. Именно изучению свойств таких устройств посвящены исследования автора статьи [1-3]. В развитии работ намечены перспективные направления. Прежде всего интерес представляют устройства с рычажными механизмами преобразования движения (МПД), множества которых также сформируются на основе комбинаторного анализа обобщенных структурных схем. В первом приближении в соответствии с ранее составленной системой структурно-конструктивных признаков выделены структурные подмножества с ориентацией на наличие упругого элемента в кинематической цепи устройства.

Нулевое подмножество (при отсутствии упругого элемента) представлено типовыми рычажными кинематическими цепями с малым числом звеньев (рычажными четырех- и пятизвенниками с одной и двумя степенями подвижности). Эти промежуточные структурные образования могут служить основой формирования конкретных уравнивающих контуров в виде дополнительных кинематических цепей, оппозитных устройств или основных исполнительных механизмов малой виброактивности. На сегодняшний день системное описание свойств таких устройств отсутствует.

Первое подмножество включает шарнирные четырех- и пятизвенники с одним упругим элементом. Здесь, как и в системах с зубчатыми механизмами преобразования движения [2], выделяются подгруппы динамических гасителей (ДГ) с инерционными нагрузителями, корректорами угловых колебаний и с дифференциальными МПД по признаку влияния масс механизмов на величины при вращенных момент инерции главного вала машины или уравнивающего устройства. При этом устройства с инерционными нагрузителями имеют структуру, в соответствии с которой упругий элемент устанавливается между главным валом машины и МПД (см. табл. 1). В результате эффект динамического гашения угловых колебаний главного вала сопровождается действием момента сил инерции, формируемого в результате изменения приведенного момента инерции МПД, который также может быть использован для компенсации переменного нагружения вала машины.

Устройства с корректорами угловых колебаний отличаются тем, что МПД в этих структурах размещается между традиционным ДГ и угловым валом машины. В результате момент сил со стороны упругого элемента при передаче на вал машины преобразуется в соответствии с передаточной функцией МПД, его действие становится полигармоническим. Параллельная установка ДГ и МПД на главном валу машины делает упомянутые выше эффекты независимыми (с точки зрения возможности управления параметрами устройств). Устройства с дифференциальными МПД позволяют размещать упругий элемент между звеньями МПД или одним из звеньев МПД и стойкой. При этом МПД изменяет инерционные свойства как ДГ, так и главного вала машины.

Установлено, что этим структурным образованиям

соответствуют математические модели с переменными коэффициентами J_i^* и C_i^* , описывающими приведенные моменты инерции и коэффициенты жесткости в функции обобщенных координат, содержащие нелинейные функционалы (см. табл. 2). В табл. 2 $J_i \cdot \alpha_i$ - приведенные моменты инерции и углы поворота звеньев, обозначения которых показаны в табл. 1; Π_{ij}^{ω} -

передаточные функции МПД; $M_i(t)$ - моменты внешних сил, нагружающие соответствующий вал. Составленные уравнения нелинейны, и их решение в аналитическом виде представляет известные трудности.

Анализ составленных структурных образований и их математических моделей показывает, что такие устройства следует рассматривать как комбинированные, обеспечивающие сложное уравнивающее действие, сочетающее применение различных физических эффектов. В частности, при этом обеспечивается

- уравнивание сосредоточенными и маховыми массами;
- динамическое гашение линейных и угловых колебаний;
- уравнивание корректирующими массами и динамическое гашение колебаний.

Каждое из этих направлений подразделяется в зависимости от целевой функции и особенностей технической реализации в конкретной уравниваемой машине. В соответствии с этим рассматриваемые устройства могут быть как направленного действия (каждый эффект усиливает действие другого), так и многоцелевого (обеспечивается комплексное уравнивание машины). Как уже упоминалось выше, в устройствах с инерционными нагрузителями эффект динамического гашения может быть усилен действием момента сил инерции, обусловленного изменением приведенного момента инерции МПД. Это наблюдается в вариантах 4В-1 и 3ВП, где В,П - обозначения вращательных и поступательных кинематических пар; 1 - звено, принимаемое за объект защиты и нагруженное моментом внешних сил $M_i(t)$.

В других вариантах введение в структуру устройств поступательно движущихся масс создает дополнительное инерционное направленное действие, которое ориентируется на компенсацию главного вектора сил, нагружающего корпус машины. Такое возможно с помощью структурных вариантов 3ВП-2, 2В2В-2 и пр. Более сложное инерционное компенсирующее воздействие формируется при введении в структуру устройств второго упругого элемента. При этом степень свободы таких образований увеличивается, эффект динамического гашения колебаний становится явно полигармоническим.

Эффективность работы динамических гасителей колебаний существенно возрастает при введении в их структуру диссипативных элементов. При этом для увеличения работы сил трения целесообразно наращивать рассеивание энергии колебаний, поэтому амплитуды

относительных колебаний в демпфере должны быть повышенными. Один из таких структурных вариантов [4] предполагает установку динамического гасителя на быстроходный вал машины. Аналогичный эффект прогнозируется и в системах с рычажными механизмами, в частности в устройстве с корректорами колебаний, выходной вал которого движется неравномерно по заданному передаточной функцией закону. Амплитуда относительных колебаний в демпфере такого устройства может быть весьма значительной. Это соответственно увеличивает работу сил трения и эффективность гасителя в заданном рабочем диапазоне частот.

Таким образом, внедрение в структуру динамического гасителя дополнительных связей, формируемых с помощью рычажных механизмов преобразования движения, позволит создать класс уравнивающих и виброзащитных устройств с новыми полезными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Швецов В.Т. Структура и динамика инерционных уравнивающих устройств с зубчатыми механизмами преобразования движения // Тез. докл. Всесоюз. науч. совещания по проблемам виброизоляции машин и приборов. - М., 1986. - С.118-119.
2. Швецов В.Т. Структура и свойства динамических гасителей угловых колебаний с зубчатыми механизмами преобразования движения / Омск. политехн. ин-т. - Омск, 1987. - 92 с. - Деп. в ВИНТИ 14.12.87, N 8715- В87.
3. Швецов В.Т. Моментное уравнивание в приводах с упругими связями // Изв. вузов. Машиностроение. - 1990. - N7. - С. 47-51.
4. А.с.1474359 СССР, МКИ 16 15/10. Динамический гаситель колебаний / В.Т. Швецов (СССР) // Открытия. Изобретения. - 1983. - N 15.

УДК 531.8

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ Р-МЕХАНИЗМОВ ПО ПОЛОЖЕНИЯМ ЗВЕНЬЕВ

В.Г.Хомченко

Омский государственный технический университет

In submitting paper, the main features of kinematic synthesis of mechanisms with dwell per set cyclegramm are taken into consideration. For designung p-mechanisms, the methods of interpolation approach functions are applied.

В настоящей работе рассматриваются особенности применения метода синтеза рычажных механизмов по положениям [1] при кинематическом проектировании р-механизмов, т.е. рычажных механизмов, обеспечивающих выстой выходного звена в крайних положениях за счет использования предельных положений звеньев [2, 3].

В восьмизвенном р-механизме 2-го класса, образованном последовательным соединением исходного четырехзвенника $A_1B_1C_1D_1$ (рис. 1) и двух присоединяемых двухкоромысловых механизмов $ABCD$ (рис. 2; $i = 2; 3$), ряд используемых при синтезе положений входного A_1B_1 и выходного D_3C_3 звеньев определяется заданной циклограммой, а именно углами φ_1 , φ_2 и φ_{B_1} поворота кривошипа A_1B_1 за первый и второй интервалы движения и

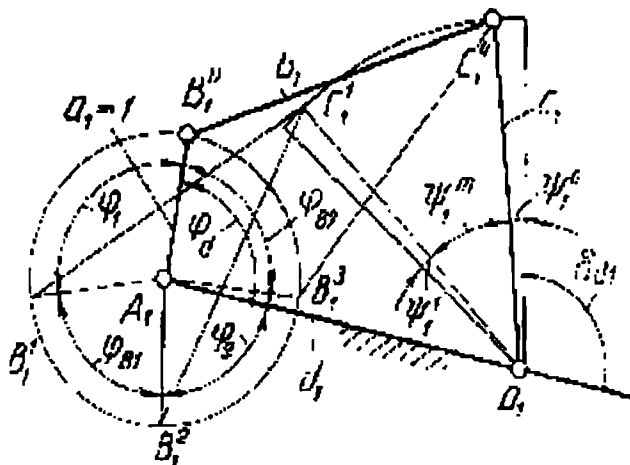


Рис. 1. Исходный шарнирный механизм

за первый интервал выстоя выходного звена D3C3 а также углом Ψ_{3m} поворота выходного звена D3C3 за интервалы его движения, равным заданному углу перемещения рабочего органа.

Чтобы на интервалах выстоя функция положения механизма была равномерно приближена к заданной при использовании метода синтеза механизмов по положениям, необходимо выполнить следующие требования:

- число узлов интерполирования должно быть равно четырем;
- все узлы интерполирования должны быть простыми;
- значения функции положения механизма в двух соседних узлах интерполирования, соответствующих началу и концу выстоев, должны совпадать.

При синтезе исходного четырехзвенника A1B1C1D1 (рис. 1) узлы интерполирования будем задавать углами $\varphi_1, \varphi_{11}, \varphi_2$ и углом Ψ_{1m} поворота выходного звена этого четырехзвенника, а узлы интерполирования i-го присоединяемого четырехзвенника ABCD (рис. 2) - углами

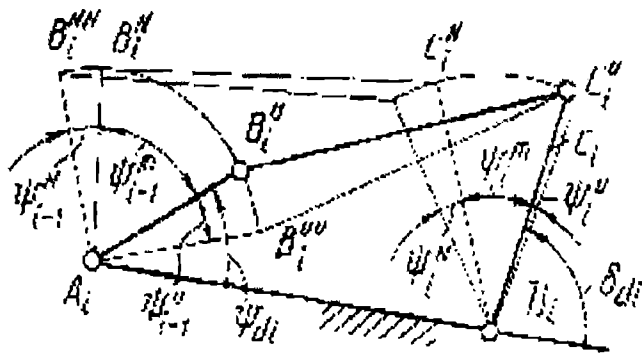


Рис. 2. Присоединяемый шарнирный механизм

$\Psi_{i-1}^U, \Psi_{i-1}^N, \Psi_{i-1}^m$ поворота входного звена A1B1 соответственно за интервалы выстоя и интервалы движения и углом Ψ^m поворота выходного звена DCi (i = 2, 3). Заметим, что углы Ψ_{1m} и Ψ_{2m} должны быть назначены проектировщиком из тех или иных соображений, а углы Ψ_{11}^U, Ψ_{11}^N и Ψ_{21}^U, Ψ_{21}^N определяются в результате расчета соответствующего четырехзвенника после того, как он синтезирован.

Шарнирный четырехзвенник как передаточный механизм имеет пять параметров синтеза [1], в качестве которых в данной работе приняты: относительные длины шатуна b_i и коромысла c_i ; относительное межцентровое расстояние d_i и углы $\varphi_{d1}, \varphi_{d2}, \varphi_{d3}, \delta_{di}$ (i = 1; 2; 3), определяющие положение входных и выходных звеньев соответствующих четырехзвенников (рис. 1, 2).

Так как при заданной циклограмме и назначенных либо заданных углах Ψ^m известны только четыре положения входных и выходных звеньев каждого из четырехзвенников и, следовательно, могут быть получены четыре уравнения, то в данной задаче можно использовать четыре параметра

синтеза для каждого четырехзвенника, в качестве которых примем величины b_i, c_i, d_i и δ_{di} (i = 1; 2; 3). Углы $\varphi_{d1}, \varphi_{d2}$ и φ_{d3} отнесем к числу задаваемых параметров.

Запишем выражение взвешенной разности Δq для i-го шарнирного четырехзвенника (рис. 1, 2).

$$\Delta q_i = b_i^2 - b_{\varphi i}^2 = b_i^2 - \left[d_i + c_i \cos(\delta_{di} + \Psi_i) - \cos \zeta_i \right]^2 - \left[c_i \sin(\delta_{di} + \Psi_i) - \sin \zeta_i \right]^2, \quad (i = 1; 2; 3)$$

где $b_{\varphi i}$ - относительная фиктивная длина шатуна B1C1; ζ_i и Ψ_i - углы, определяющие текущее положение входного и выходного звеньев i-го четырехзвенника ($\zeta_1 = \varphi; \zeta_2 = \Psi_1; \zeta_3 = \Psi_2; \varphi$ - текущий угол поворота кривошипа A1B1).

После преобразований и выделения параметров синтеза выражение для взвешенной разности принимает вид

$$\Delta q_i = b_i^2 - d_i^2 - c_i^2 - 1 - 2 d_i c_i \cos \delta_{di} \cos \zeta_i + 2 d_i c_i \sin \delta_{di} \sin \Psi_i + 2 d_i \cos \zeta_i + 2 c_i \cos \delta_{di} \cos(\Psi_i - \zeta_i) + 2 c_i \sin \delta_{di} \sin(\Psi_i - \zeta_i). \quad (1)$$

Учитывая, что в известных (заданных) положениях механизма (в узлах интерполирования) взвешенная разность равна нулю, зависимость (1) можно представить для каждого узла интерполирования в виде обобщенного полинома:

$$A_i \begin{pmatrix} f_{0i}^k + P_{0i} + P_{1i} f_{1i}^k + P_{2i} f_{2i}^k + \\ + P_{3i} f_{3i}^k + P_{4i} f_{4i}^k \end{pmatrix} = 0, \quad (i = 1; 2; 3) \quad (2)$$

где k принимает значения поочередно 0, 1, 2, 3 для исходного четырехзвенника и значения NN, N, U, UU- для присоединяемых четырехзвенников:

$$A_i = 2 c_i \cos \delta_{di}; \\ P_{0i} = (b_i^2 - d_i^2 - c_i^2 - 1) / 2 c_i \cos \delta_{di}; \quad f_{0i}^k = \cos(\Psi_i^k - \zeta_i^k); \\ P_{1i} = -d_i; \quad f_{1i}^k = \cos \Psi_i^k; \quad P_{2i} = \text{tg} \delta_{di}; \quad f_{2i}^k = \sin(\Psi_i^k - \zeta_i^k); \\ P_{3i} = d_i / c_i \cos \delta_{di}; \quad f_{3i}^k = \cos \zeta_i^k; \quad P_{4i} = P_{1i} P_{2i}; \quad f_{4i}^k = \sin \Psi_i^k.$$

По условиям данной задачи для исходного четырехзвенника

$$\zeta_1^0 = \varphi_d; \quad \zeta_1^1 = \zeta_1^0 + \varphi_1; \quad \zeta_1^2 = \zeta_1^1 + \varphi_{B1}; \\ \varphi_1^3 = \zeta_1^2 + \varphi_2; \quad \Psi_1^0 = \Psi_1^3 = 0; \quad \Psi_1^1 = \Psi_1^2 = \Psi_1^m,$$

а для присоединяемых

$$\zeta_i^0 = \Psi_{di} - \Psi_{i-1}^U; \zeta_i^1 = \Psi_{di}; \zeta_i^2 = \zeta_i^1 + \Psi_{i-1}^m; (i=2;3)$$

$$\zeta_i^3 = \zeta_i^2 + \Psi_{i-1}^N; \Psi_i^0 = \Psi_i^1 = 0; \Psi_i^2 = \Psi_i^m; \Psi_i^3 + \Psi_i^2 + \Psi_i^1.$$

Тогда

$$f_1^0 = f_1^3 = 1; f_4^0 = f_4^3 = 0; f_1^1 = f_1^2; f_4^1 = f_4^2;$$

$$f_{1i}^0 = f_{1i}^1 = 1; f_{4i}^0 = f_{4i}^1 = 0. \quad (i=2;3)$$

На основании полинома (2) для каждого из синтезируемых четырехзвенников запишем систему из четырех линейных уравнений, решая которую можно найти коэффициенты p_{0i} , p_{1i} , p_{2i} и p_{3i} ($i=1;2;3$).

Аналитические выражения, записанные ранее для этих коэффициентов, позволяют определить параметры синтеза:

$$\delta_{di} = \arctg P_{2i}; d_i = P_{1i}; c_i = d_i / P_{3i} \cos \delta_{di};$$

$$b_i = (d_i^2 + c_i^2 + 1 + 2P_{0i}c_i \cos \delta_{di})^{0,5}$$

Синтез последовательно соединенных четырехзвенных

механизмов ведется в направлении от исходного к замыкающему.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболовский И.И., Левитский Н.И., Черкудинов С.А. Синтез плоских механизмов. - М.: Физматгиз. 1959. - 1084 с.
2. Хомченко В.Г. Интерполяционный метод синтеза рычажных механизмов с выстоями выходного звена в двух крайних положениях по заданной циклограмме / Омск. Омск. гос. техн. ун-т. 1994. - 10с. Деп. в ВИНТИ 17.05.94. 1233-В94.
3. Хомченко В.Г. Проектирование плоских рычажных механизмов цикловых машин-автоматов и манипуляторов. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 1995.-152 с.

УДК 621.01-51:621.837.3 -1.001.1

МЕТОД СИНТЕЗА МЕХАНИЗМОВ ПО ЗАДАНОЙ ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ИХ ВЫХОДНЫХ ЗВЕНЬЕВ

И. Н. Борисенко

Омский государственный технический университет

Propose method of technologically rational projective fields on passes of primary errors of planar mechanisms. On conduct calculation of principal deflection and of value passes. This method is based on approach curve of mathematical expectations errors of position the mechanism to line of zero, that permit set on maximumly possible value of her deflection, that make sure largest meaning on passes of primary errors.

К основным задачам теории точности относятся анализ точностных характеристик механизмов и синтез механизмов по заданным критериям точности. Если первая задача к настоящему времени рассмотрена довольно широко и полно [3, 4, 9, 10], то для решения задачи синтеза еще не найден удовлетворительный подход.

Важнейшим критерием точности механизма является ошибка положения его выходного звена [4]. В реальном механизме неизбежно присутствуют первичные ошибки. Это приводит к отклонению действительного положения выходного звена от идеального. Параметры идеального механизма можно рассчитать по одной из известных методик [1, 2, 8, 11]. Условимся, что положение выходного звена определяется координатой ψ . Согласно [9] ошибка положения механизма вычисляется по формуле

$$\Delta\psi = \sum_s A_s \Delta q_s,$$

где A_s - коэффициент влияния s -й первичной ошибки на

отклонение положения выходного звена от заданного (расчет коэффициентов A_s см., например, в [4]); Δq_s - величина s -й первичной ошибки.

Будем полагать, что спроектированный механизм удовлетворяет условию точности, если для любого значения обобщенной координаты φ выполняется следующее неравенство:

$$|\Delta\psi| \leq \Delta\psi_{\max}, \quad (1)$$

где $\Delta\psi_{\max}$ - значение, равное половине размера поля допуска, назначенного на величину ошибки положения. При рассмотрении партии механизмов, выполненных по одному конструктивному и технологическому проекту, для формулы (1) требуется теоретико-вероятностное объяснение. Будем рассматривать первичные ошибки и ошибку положения механизма как случайные величины. Допустим,

что величины первичных ошибок являются независимыми и по своему рассеиванию имеют примерно один и тот же порядок. Обозначим через M_s математическое ожидание, а через σ_s - среднеквадратическое отклонение распределения s -й первичной ошибки. Если количество этих ошибок, принимаемых во внимание, будет достаточно велико, то закон распределения величины $\Delta\psi$ приближенно может быть принят за нормальный, независимо от типов законов распределения, которым подчиняются Δq_s [5]. Поэтому условие (1) можно переписать следующим образом:

$$|M_{\Delta\psi}| + n\sigma_{\Delta\psi} \leq \Delta\psi_{\max}, \quad (2)$$

где $M_{\Delta\psi}$ - математическое ожидание ошибки положения механизма; $\sigma_{\Delta\psi}$ - среднеквадратическое отклонение ошибки положения механизма; n - параметр, характеризующий размеры участка практически возможных значений случайной величины. Обычно принимают, что $n = 3$ [5].

Согласно [5] математическое ожидание $M_{\Delta\psi}$ и среднеквадратическое отклонение $\sigma_{\Delta\psi}$ ошибки положения определяются из следующих выражений:

$$M_{\Delta\psi} = \sum_s A_s M_s,$$

$$\sigma_{\Delta\psi} = \sqrt{\sum_s (A_s \sigma_s)^2}.$$

Перепишем формулу (2):

$$\left| \sum_s A_s M_s \right| + n\sqrt{\sum_s (A_s \sigma_s)^2} \leq \Delta\psi_{\max}. \quad (3)$$

Из уравнения (3) видно, что в процессе синтеза рассчитываемыми параметрами являются математические ожидания M_s и среднеквадратические отклонения σ_s первичных ошибок. Уравнение (3) необходимо составлять для каждого рассматриваемого значения обобщенной координаты φ в отдельности. Количество этих уравнений должно быть согласовано с числом рассчитываемых параметров. Например, для простейшего плоского четырехзвенного механизма, который имеет соответственно четыре кинематические пары, при учете отклонений в длинах звеньев, зазорах в кинематических парах и деформаций звеньев, число таких параметров равно 24 (для каждой из двенадцати первичных ошибок нужно определить математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение). Число рассчитываемых параметров можно уменьшить, если предварительно задать значения некоторых из них (например, наиболее благоприятные для процесса смазки математические ожидания зазоров). Таким образом получим следующую систему уравнений:

$$\left| \sum_s A_{is} M_s \right| + n\sqrt{\sum_s (A_{is} \sigma_s)^2} \leq \Delta\psi_{\max}, \quad (i=1, \dots, k), \quad (4)$$

где k - количество рассчитываемых параметров. Механизм будет спроектирован технологически рационально, если величины среднеквадратических

отклонений σ_s будут максимально возможными. Этого можно достичь, если первый член уравнения (4) приравнять нулю:

$$\left| \sum_s A_{is} M_s \right| = 0, \quad (i = 1, \dots, k_m), \quad (5)$$

где k_m - количество рассчитываемых математических ожиданий.

Полученная система линейных уравнений решается одним из известных способов [6, 7]. Перепишем систему (4) с учетом (5):

$$n\sqrt{\sum_s (A_{is} \sigma_s)^2} \leq \Delta\psi_{\max} \quad (i = 1, \dots, k_\sigma),$$

где k_σ - количество рассчитываемых среднеквадратических отклонений.

Преобразуем ее:

$$n^2 \sum_s (A_{is} \sigma_s)^2 \leq (\Delta\psi_{\max})^2, \quad (i = 1, \dots, k_\sigma). \quad (6)$$

Получили систему линейных неравенств.

Математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение одной случайной величины обычно не зависят друг от друга. Поэтому систему (4) можно разбить на две вспомогательные системы (5) и (6), количество рассчитываемых параметров в которых может быть различным, т.е. число уравнений в системах (5) и (6) необязательно одинаково: $k_v \neq k_\sigma$. При этом выполняется следующее условие: $k = k_v + k_\sigma$.

Из системы (5) определим требуемые математические ожидания первичных ошибок M_s , что позволит назначить координаты середин полей допусков этих ошибок, отсчитывая их от идеальных значений параметров механизмов. А из системы (6) найдем среднеквадратические отклонения σ_s первичных ошибок, что позволит назначить допуски на их величины. Можно сказать, что влияние одних первичных ошибок (например, деформаций и зазоров) компенсируется рациональным назначением параметров других ошибок (например, преднамеренным отступлением от идеальных размеров звеньев, путем расчета оптимальных математических ожиданий их погрешностей).

Таким образом, при помощи предлагаемого метода можно определять рациональные значения допусков на величины первичных ошибок, при которых обеспечивается заданная точность позиционирования выходного звена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. - М.: Наука, 1988.
2. Артоболевский И.И., Левитский Н.И., Черкудинов С.А. Синтез плоских механизмов. - М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1959.
3. Бородачев Н.А. Основные вопросы теории точности производства. - М.-Л.: АН СССР, 1950.
4. Бруевич Н.Г. Точность механизмов. - М.-Л.: ГТТИ, 1946.

5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1962.
6. Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И. Вычислительные методы. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1976. - Т 1.
7. Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И. Начала теории вычислительных методов. Линейная алгебра и нелинейные уравнения. - Минск: Наука и техника, 1985.
8. Пейсах Э.Е., Нестеров В.А. Система проектирования плоских рычажных механизмов. - М.: Машиностроение, 1988.
9. Сергеев В.И. Инструментальная точность кинематических и динамических систем. - М.: Наука, 1971.
10. Сергеев В.И., Черкудинов С.А., Олейник И.Г. Структурные и технологические ошибки шестизвонного механизма на участке выстоя // Анализ и синтез механизмов. - М., 1970. - С.202 - 213.
11. Хомченко В.Г. Проектирование плоских рычажных механизмов цикловых машин-автоматов и манипуляторов. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 1995.

УДК 531.8

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ КОРОМЫСЛОВО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА ТРЕТЬЕГО КЛАССА С ПРИБЛИЖЕННЫМ ВЫСТОЕМ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА

В.Ю. Соломин

Омский государственный технический университет

This paper deals with the problems of designing of the slider-rocker third class mechanism with approximate output link dwell that are concluded in creation methods of graphical synthesis of one. On the one hand, projecting methods for similar systems using the simplest means are prevailed till up-to-date, on the other hand, there are already many complicated and cumbersome approaches to solve these tasks. In submitting paper, the graphical method of synthesis is proposed on the base of constructions providing easy of access for mechanisms projecting. Moreover, by using this method it is possible to obtain convenient way for simple engineering calculations.

Последние разработки в области создания роботов, манипуляторов и цикловых машин-автоматов, включающих в себя рычажные механизмы с выстоем выходного звена [1-4], касаются главным образом создания механизмов 3 и 4 классов с выстоем выходного звена по заданной циклограмме. Общая тенденция направлена на их исследование и наработки теоретических предпосылок для создания единой теории подобных механизмов. В связи с важностью решения локальных задач в производстве проводятся исследования возможностей механизмов 3-го класса с выстоем выходного звена в диапазоне шарнирных механизмов [2-4]. В настоящей работе предложен метод графического и аналитического синтеза рычажных коромысло-ползунных механизмов 3-го класса с выстоем выходного звена. Этот метод занимает определенное место на начальном этапе проектирования исполнительных органов машин-автоматов, манипуляторов и роботов, а также при выборе начальных значений свободных параметров в ходе оптимизационного синтеза.

Опишем последовательность графического построения рычажных коромысло-ползунных механизмов 3-го класса с выстоем выходного звена (рис.1).

Пусть требуется осуществить циклограмму, заданную углами $\varphi_1, \varphi_{\partial 1}, \varphi_2$ поворота входного звена (кривошипа A_1B_1) механизма соответственно за интервалы подъема, выстоя и опускания. Заданным является также ход ползуна выходного звена механизма, равный S^{ms} .

Выполним вначале первый этап синтеза (ограничимся изложением графического метода, позволяющего выяснить основной подход к разработке предлагаемого метода синтеза рычажных коромысло-ползунных механизмов 3-го класса с выстоем выходного звена). При заданных циклограммой углах $\varphi_1, \varphi_{\partial 1}, \varphi_2$ графическое построение является возможным, если будет известна длина кривошипа A_1B_1 . Примем A_1B_1 за единицу и отложим ее приемлемым для построения отрезком. Вычертим положение $A_1B_1^0$ кривошипа A_1B_1 , соответствующее началу циклограммы, реализуемой механизмом. Нанесем под известными углами $\varphi_1, \varphi_{\partial 1}$, откладываемыми для определенности против вращения часовой стрелки, положения $A_1B_1^1, A_1B_1^2$ кривошипа соответственно за интервалы подъема, выстоя рабочего органа [1].

Проведем линию $V_1^1V_1^1$, совпадающую с биссектрисой угла $\varphi_{\partial 1}$. Назначив относительную длину b_1 шатуна B_1E_1

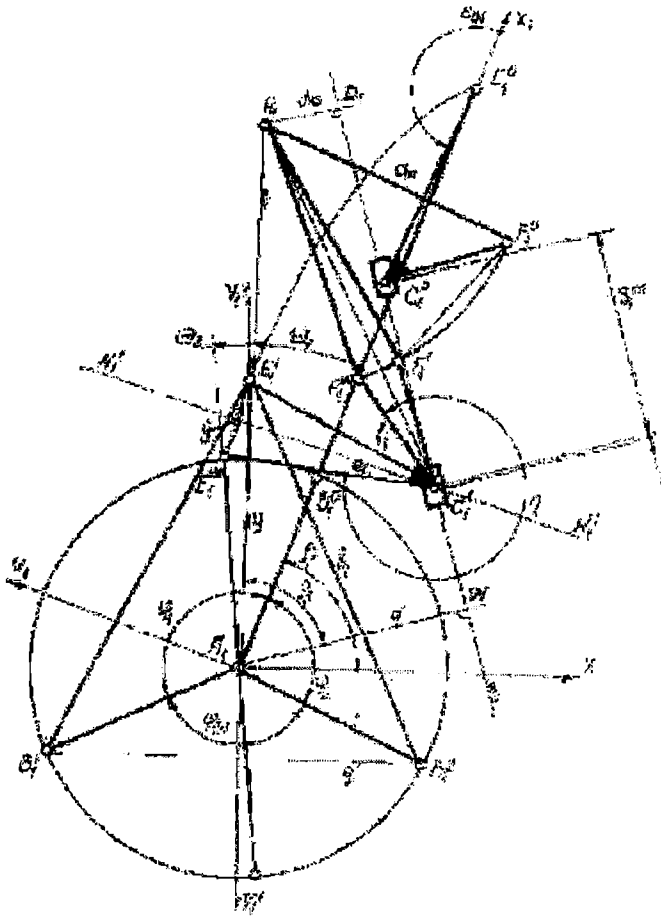


Рис.1

найдем положения E_1^1 и E_1^0 точки E_1 в начале и в конце выстоя конечной продолжительности, а также и при мгновенной остановке выходного звена в другом крайнем положении. Зададим угол θ_2 , определяющий положение точки E_1^m - предельное положение шарнира E_1 на интервале выстоя. При этом хорда g будет соединять точки E_1^1 и E_1^m . Проведем линию $N_1^1N_1^1$ перпендикулярно отрезку $E_1^mE_1^1$ через его середину. Назначив относительную длину e_1 звена C_1E_1 , определим положение точки C_1^1 . (Для обеспечения наилучшего равномерного приближения шарнир C_1 должен располагаться в одном и том же положении в начале и в конце интервала выстоя и в момент,

когда кривошип A_1B_1 и шатун B_1E_1 оказываются в интервале выстоя на одной линии. При этом возможные положения точки C_1 лежат на прямой $N_1^1N_1^1$.) После этого задаем угол h и длину h звена C_1F_1 , базового звена $E_1C_1F_1$. Для построения положения звена $C_1^0E_1^0$ в другом крайнем положении (соответствующем началу циклограммы) откладываем длину e_1 под заданным углом e_{01} . При этом получаем положение звена

$C_1^0E_1^0$. Относительно звена $C_1^0E_1^0$ строим базовое звено $E_1^0C_1^0F_1^0$

Шарнир F_1 является шатунным шарниром промежуточного коромысла F_1H_1 , а шарнир C_1 - ползунным выходного звена. Отрезок, соединяющий положения шарниров C_1^0 и C_1^1 , определяет рабочий ход ползуна выходного звена механизма. Достижение необходимой величины хода ползуна (рабочего органа) осуществляется путем сопоставления относительной расчетной S_1^{mp} и заданной S_1^{ms} величин рабочего хода выходного звена.

Известными методами [2] определяем положение шарнира F_1^m звена E_1F_1 в интервале выстоя и шарнира F_1 базового звена $C_1E_1F_1$ в другом крайнем положении механизма. По трем известным положениям F_1^0 , F_1^1 и F_1H_1 определяется положение центра H^1 его вращения.

Данный алгоритм построения коромысло-ползунных механизмов 3-го класса с выстоем выходного звена позволяет исследовать механизм исходя из начальных условий циклограммы, что конкретизирует поиск решений, упрощает базисную схему построения и является важным на начальных стадиях проектирования подобных механизмов. На базе алгоритма построения возможна разработка алгоритма расчета данных механизмов, ориентированного на создание эффективных методов автоматизированного проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Хомченко В.Г. Проектирование плоских рычажных механизмов цикловых машин-автоматов и манипуляторов.- Омск: Изд-во ОмГТУ,1995.-152 с.
- 2.Хомченко В.Г. Графический и аналитический методы синтеза шестизвенного шарнирного механизма третьего класса с приближенным выстоем выходного звена в крайнем положении по заданной циклограмме/ ОмПИ. Омск. 1991. - 7 с. -Деп. в ВИНТИ 11.06.91. N 2460-B91.
- 3.Hain K. Sechsgliedriges Koppelgetriebe nutzt Totlagen aus zum Erzeugen von Endrasten//Maschinenmarkt.-1981.-87.-N96.-S.2094-2097.
- 4.lhme W.Quantitative Untersuchungen von Totlagenrastgetrieben Doppelsehwingungen ais viergliedrige Ausgangsgetriebe// Maschinenbautechnik.-1986.-35.-N2.-S.53-59,49.

УДК 621.317.799:621.3.049.771

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ СКОРОСТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Н.С. Жилин, В.А. Майстренко, А.В. Никонов
Омский государственный технический университет

Many-functional automatized pulse system of standardized signal is able to realise precise measurement and generating coherent pulse signals delayed relatively to main pulse signal in ps range and can be used in automatized circuit testes and diagnostic systems.

При производстве изделий электронной техники (ИЭТ) совершается значительное число измерительных и контрольных операций - 30-40 % от числа технологических. Их трудоемкость и стоимость составляют 40-60 % от стоимости всего производства, что предъявляет особо жесткие требования к автоматизированным измерительным системам (АИС) для скоростных ИЭТ частотного диапазона до 1-3 ГГц и выше и пикосекундного диапазона временных соотношений. При функциональных и параметрических исследованиях генерируются тестовые воздействия в определенные интервалы времени, задаются временные характеристики тест-сигналов, проводятся амплитудно-временные и логические измерения. Для параметрических исследований обеспечивается регулировка напряжения и тока в нагрузке, длительности фронта и среза, положения фронта и среза во времени.

Указанные выше АИС, производимые и вновь разрабатываемые в нашей стране и за рубежом, не имеют обоснованной концепции развития, излагающей принципы построения в приведенном частотном диапазоне и обеспечения временных параметров, устанавливаемых и измеряемых с разрешающей способностью и погрешностью не более 100 пс. В то же время достижения мирового уровня в области электронной техники позволили создать экспериментальные изделия, работающие в диапазоне частот до 20-70 ГГц, что подчеркивает актуальность поисковых работ по построению АИС электронной промышленности фемтосекундного диапазона.

В излагаемом ниже материале содержатся сведения об основных проблемах, возникающих при достижении указанных целей, а также возможные пути их решения и оценка полученных результатов. Выделены задачи для исследований, в основу решения которых положено использование фазового ядра в архитектуре, так как такие системы не будут иметь ограничений по частотному параметру [1].

Подсистемы АИС должны удовлетворять противоречивым требованиям: широкополосности, прецизионности, многоканальности, а зачастую и универсальности. Точность установки и измерения амплитудно-временных параметров важна в экономическом смысле: для соответствия объекта техническим условиям следует установить предельные опорные значения с учетом



Рис.1. Обобщенная структура АИС

погрешности. Больше погрешность - больше "запас", учитывающий погрешность, и большее число годных изделий отбраковывается в процессе испытаний. Подсистемы управления должны обеспечивать быстрое автоматизированное формирование тестовых последовательностей по вводимым программам; генерация тест-векторов должна удовлетворять ограничениям по максимальной тактовой частоте, минимальному объему памяти и потребляемой мощности, обеспечить требование многоканальности АИС. Такие методы, как расслоение памяти, мультиплексирование из нескольких каналов в один, требуют поиска решений применения их в УВЧ диапазоне. На основе комбинированного метода ("расслоение памяти" и преобразование данных из параллельного кода в последовательный) реализован генератор тест-последовательности (ГТП) в диапазоне 32-1024 МГц. В качестве памяти ГТП используется часть адресного пространства управляющего контроллера, что исключает

пересылку данных из ОЗУ контроллера в ОЗУ ГТП, в три и более раз повышая скорость загрузки канала. При определенной комбинации ОЗУ ГТП и обслуживании 4-8-ми каналов одним контроллером можно реализовать непрерывную тест-последовательность на частоте 1024 МГц без перезагрузки. Это компромисс между требованием ОЗУ большой емкости и быстрой перезагрузкой, не приводящей к перерывам в генерации в отличие от известных способов.

На подсистему синхронизации возлагаются следующие задачи: 1 - обеспечение работы в широкой полосе тактовых частот; 2 - обеспечение требуемой точности установки временных параметров тест-сигнала; 3 - максимальная частота переустановки амплитудных и временных параметров. Вторая задача распадается на три: минимизация систематической составляющей погрешности (не более 5 % от периода тактового сигнала); минимизация случайной составляющей погрешности (не более 20 % от систематической составляющей); минимальный временной дискрет - 10 % от периода сигнала в области УВЧ-СВЧ. Увеличение числа выводов ИЭТ (до 1024 шт.) при числе скоростных каналов от шести до шестидесяти четырех ставит проблему многоканальности: взаимного влияния каналов, проявляющегося в фазовой модуляции их сигналов и возрастании случайной составляющей погрешности установки временных параметров. Возникают задачи электромагнитной и конструктивной совместимостей в диапазоне частот (с учетом длительностей фронта и среза сигналов) до десятков гигагерц.

Решение указанных задач основано на расширении возможностей синтезаторов частоты (СЧ) УВЧ диапазона на основе ФАПЧ [2] за счет предвключения мелкодискретных синтезаторов фазы (СФ). СФ используют блокировку прохождения сигналов в импульсных последовательностях в каналах СФ. Дискрет временного сдвига при блокировке к-импульсов в одном и р-импульсов в другом канале определяется выражением

$$\tau_{сд} = \{[(k-p)N + k] / N(N-1)\}T,$$

где Т и N - период сигнала и коэффициент деления в канале опорного генератора СФ. Перенос временного (фазового) сдвига на сигнал требуемой частоты производится с помощью СЧ. Данный метод позволил осуществить генерацию импульсных последовательностей с частотами следования в диапазоне 0.1-1024 МГц с минимальным дискретом задания положения фронтов импульсов не более 100 пс. СКО временного положения фронта не превышает 35 пс при поведении параметрической оптимизации колец ФАПЧ [3].

Точностные и динамические характеристики систем ФАПЧ с гетеродинным преобразователем частоты получены из решения дифференциального уравнения вида

$$\rho\dot{\varphi} + \text{sign}[\omega_{00} + F(\varphi)\Omega_y] K_s(\rho)\Omega_y F(\varphi) = \omega_{ог} - \omega_{00} \text{sign}[\omega_{00} + \Omega_y F(\varphi)],$$

где Ω_y - полоса удержания системы; $F(\varphi)$ - характеристика фазового детектора (ФД); $\text{sign } x$ - знаковая функция аргумента x ; $K_s(\rho)$ - операторный коэффициент передачи эквивалентного фильтра на выходе ФД, образованного последовательным соединением ФНЧ и низкочастотного эквивалента фильтра промежуточной частоты; ω_{00} - начальная частота эквивалентного генератора с частотой $\omega_{г3} = \omega_c - \omega_{пг}$; $\omega_{ог}$ - частота опорного генератора, равная промежуточной; ω_c , $\omega_{пг}$ - частота входного сигнала и ПГ соответственно.

Наличие внутренних шумов и шумов в сигнальном тракте приводит к флуктуационным колебаниям фазы вблизи точек устойчивого равновесия и переходам из одного устойчивого состояния в другое. Для случая, когда время корреляции шумов τ_k меньше постоянной времени ФАПЧ, составлено и решено уравнение Фоккера-Планка для плотности вероятности $W(\varphi)$ координаты φ . Дифференциальный закон распределения фазы - двухмодальный с максимумами в точках, соответствующих захвату на основной и зеркальной частоте. Практический интерес представляют вероятности p_1 и p_2 перехода фазовой координаты в области притяжения точек φ_{01} и φ_{02} . Получены значения вероятностей пребывания фазы j в областях притяжения точек φ_{01} и φ_{02} при различных начальных расстройках Δ и различных отношениях сигнал/шум q . Чтобы система находилась в точке устойчивого равновесия с вероятностью не ниже 0,9, необходимы либо большая начальная расстройка соответствующего знака ($|\Delta| \geq 0,24$), либо большое отношение сигнал/шум ($q \geq 10$). Получены выражения для расчета вероятности перескоков фазы ПГ на дискрет за счет действия внутренних широкополосных шумов кольца:

$$P_1 = (\omega_n / 8\omega_y) \cdot \{1 + [1 + (8/\pi)\Omega_y T]^{1/2}\}.$$

Подсистема оценки сигнала отклика решает задачи по параметрическому и динамическому функциональному контролю. Необходимо фиксировать точку сигнала-отклика на интервале в один такт, несущую информацию о мгновенном значении сигнала. Добавляется проблема задания временного положения строб-сигнала. Требования к временным параметрам такие же, как и у подсистемы синхронизации. Погрешность подсистем контроля отклика, в зависимости от назначения, находится в пределах от 1 до 20 %. Системы ФАПЧ с инерционными фильтрами на выходе ФД при воздействии на управляемый генератор импульсного напряжения являются идеальным интегрирующим звеном, что позволяет сделать вывод о возможности их использования в целях измерения мгновенных значений напряжений импульсных сигналов. Можно построить преобразователь "мгновенное значение - временной интервал - код", в котором блок синхронизации осуществляет привязку к исследуемому сигналу, а схема управления устанавливает момент фиксации значения сигнала $u(t)$, который воздействует на управляющий элемент системы ФАПЧ, находящейся в режиме синхронизма. Приращение фазы $\Delta\varphi_{пг}$ подстраиваемого генератора при крутизне управления S

определяется следующим образом:

$$\Delta\varphi_{\text{п.г}} = S_{\text{уз}} \int_0^{t+\tau} u(t) dt,$$

где t - длительность интервала фиксации.

По окончании воздействия выборки фазовый сдвиг $\Delta\varphi_{\text{п.г}}$ отрабатывается ($\Delta\varphi_{\text{п.г}} \rightarrow 0$), причем $\Delta\varphi_{\text{п.г}}$ также определяется параметрами системы ФАПЧ. Процесс в системе можно описать уравнением

$$T_{\Phi}^2 \Delta\ddot{\varphi} + r\Delta\dot{\varphi} + \Omega_{\Phi} F'(\varphi)\Delta\varphi = 0,$$

где T_{Φ} - постоянная времени фильтра; Ω_{Φ} - полоса удержания кольца ФАПЧ; $F'(\varphi)$ - производная нормированной характеристики ФД.

При $4T_{\Phi}\omega F'(j\omega) < 1$ в системе апериодический процесс отработки и связь между мгновенным значением $u(t)$ и интервалом Δt на выходе аналогового преобразователя находится по выражению

$$\Delta t = -T_c \ln\{u_n / u(t)[\exp(-t/T_c) - 1]\},$$

где u_n - пороговое напряжение, на уровне которого определяется величина Δt ; T_c - постоянная времени кольца ФАПЧ.

Данное решение позволяет резко уменьшить время аналого-цифрового преобразования при сохранении точности. Найдены значения функции $\Delta\varphi(t)$ при значениях параметров: $f = 100$ МГц; $T_{\Phi} = 10$ мкс; $m = 0,1$; $F'(\varphi_0) = 1$. При этом значения коэффициентов следующие:

$r_1 = -8,6 \times 10^{-5}$; $r_2 = -6,2 \times 10^{-7}$ (рис. 2).

Подсистема коррекции электрической длины каналов обрабатывает неидентичность задержек за счет компонентов системы. Погрешность отработки не более 0,1% от периода тактового

сигнала. Фазовое ядро архитектуры позволяет осуществить метрологическую аттестацию и поверку посредством подсистемы синхронизации, являющейся образцовым средством.

Практическая направленность исследований: увеличение точности хронирования; гибридные и интегральные формирователи, компараторы; цифровые и аналоговые управляемые задержки; задание и измерение амплитуды тест-сигнала, отклика; САПР для проектирования многослойных печатных плат с микрополосковыми линиями; увеличение диапазонности систем ФАПЧ; метрологическая аттестация генераторного канала и подсистемы контроля отклика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жилин Н.С., Майстренко В.А., Никонов А.В. Проблемы создания АИС с интегрированными метрологическими средствами // Цифровые радиотехн. сист. и приборы: Межвузов. сб./ Красноярск. 1996. - С. 151-156.
2. Система динамического контроля функционирования сверхскоростных ИС // Н.С. Жилин, В.А. Майстренко, А.В. Никонов, К.Р. Сайфутдинов // Приборы и системы управления. 1991. - N 3. - С. 22-23.
3. Синтезаторы фазы и частоты УВЧ диапазона на основе систем ФАПЧ/ В.А. Майстренко, А.В. Никонов, Н.А. Попов, К.Р. Сайфутдинов // Направления развития систем связи: Тр. Российской НТК/ Воронеж, 1996.-Т3. - С. 1173-1179.

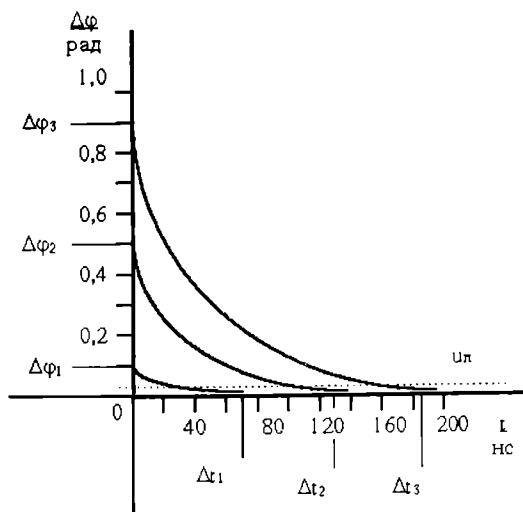


Рис.2. Длительность переходного процесса и отклонение фазы в системе ФАПЧ

УДК 621.317.799: 621.3.049.771

ИМПУЛЬСНЫЙ ГЕНЕРАТОРНЫЙ КАНАЛ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А.В. Никонов, К.Р. Сайфутдинов, Г.В. Никонова

Омский государственный технический университет

The present article deals with the results of researches of pulsing generating channels, constructed on the basis of systems of phase-locked loop frequency that enables to establish a sight or law of change of a temporary situation of output pulses in ps range, frequency of signals by a programm image. The channel works in a range of frequencies 0.1 - 10 MHz. range of temporary shifts of 100 ps - 10 mks from a step of 100 ps and error of installation is not more 0.00014 cycles of a signal (0.050). A step

В автоматизированных измерительных системах времязадающие генераторы формируют в различных каналах один или несколько сигналов, положение которых строго определено во времени относительно сигнала опорного канала. Потребности науки и производства требуют обеспечить дискрет временного сдвига в пикосекундном диапазоне с малыми значениями неисключенной систематической (до 10 % от значения дискрета) и случайной (до 30 % от значения дискрета) составляющих суммарной погрешности в широком диапазоне частот выходного импульсного сигнала. Значения длительностей фронта и среза импульсов находятся в пикосекундном диапазоне, а верхний и нижний уровни должны регулироваться [1-3].

Для повышения точности установки временных параметров выходного сигнала применяются системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) [4-6]. Но известные схемы позволяют достичь пикосекундного диапазона лишь с помощью аналоговых интерполяторов, причем кольцо ФАПЧ не участвует в формировании временных параметров сигнала.

Ниже приведены результаты исследований характеристик генераторного канала пикосекундного диапазона на основе систем ФАПЧ с малым значением фазового шума и выходных формирователей, позволяющих регулировать параметры выходного сигнала.

Генераторный канал на основе ФАПЧ (рис.1) содержит опорный генератор 1, из сигнала которого формируются два других, сдвинутые по фазе на угол $\Delta\phi$ с помощью высокоточного синтезатора фазы с малым шагом 2. Выходной сигнал синтезатора фазы 2 имеет фиксированную (низкую) частоту. Установленный фазовый сдвиг переносится в область выходных частот канала синтезаторами частоты (СЧ) 3, 4. Связь временного Δt и фазового $\Delta\phi$ сдвигов определяется выражением $\Delta\phi = 2\pi f \Delta t$. Синтезаторы фазы и частоты построены на основе систем ФАПЧ. Двухканальный синтезатор фазы 2 состоит из последовательно включенных первого задатчика фазового сдвига на $1,44^\circ$ сигнала с частотой 160 кГц и второго задатчика на $0,0036^\circ$ сигнала с частотой 100 кГц [7].

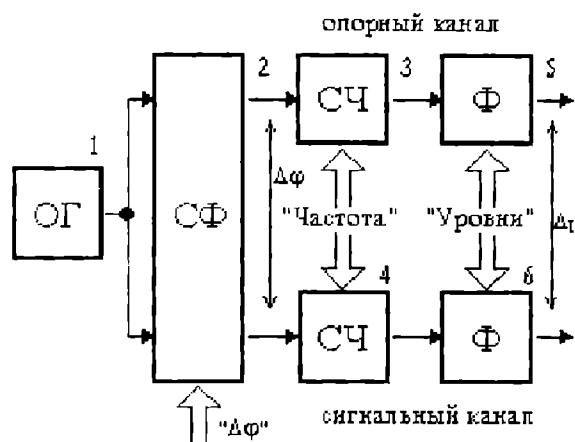


Рис. 1. Структура генераторного канала на основе ФАПЧ

Выходной сигнал первого задатчика фазового сдвига служит входным для второго и опорным для собственного гетеродина частотой 39.84 МГц. В первом задатчике фазы производится запрет прохождения по каналу импульсов (от 1 до 256) последовательности, полученной из сигнала опорного генератора частотой 40 МГц с возможностью синхронизации также по внешнему опорному сигналу. Далее частота сигнала делится на 250. Фазовый сдвиг, заданный первым задатчиком фазы, переносится на сигнал частотой 40 МГц кольцом ФАПЧ с преобразованием частоты во втором задатчике фазы. Здесь также имеется возможность запретить прохождение импульсов по каналу, и далее частота сигнала делится на 400.

Выходные формирователи 5, 6 синтезаторов частоты доводят сигнал до требуемых значений напряжений высокого и низкого уровней, длительностей фронта и среза. В кольцо ФАПЧ подсистем синхронизации генераторных каналов (рис. 2) входят: подстраиваемый генератор (ПГ), делитель частоты с переменным коэффициентом деления (ДПКД), импульсный фазовый детектор (ИФД) и фильтр

нижних частот (ФНЧ).

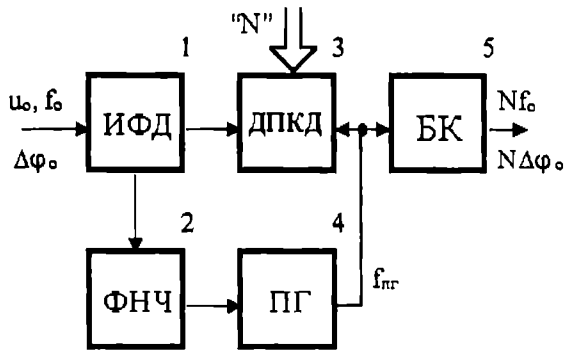


Рис. 2. ФАПЧ с ДПКД в кольце автоподстройки

Сигнал ПГ 4 с выхода ДПКД 3 поступает на первый вход ИФД 1, на второй вход которого подается опорный сигнал u_0 . Частоты опорного сигнала и сигнала с выхода ДПКД 3 равны в режиме синхронизма, а частота сигнала ПГ 4 $f_{гр}$ в N раз больше частоты опорного сигнала f_0 . При введении фазового сдвига $\Delta\phi_0$ по опорному входу ИФД 1, фаза сигнала ПГ 4 получает приращение $N\Delta\phi_0$. Буферный каскад БК 5 уменьшает влияние нагрузки на ПГ 4.

Использование в системах ФАПЧ импульсных генераторов с возможностью остановки генерации (ПГО) целесообразно при формировании сигналов, временное положение которых отсчитывается от пускового импульса. Такие ПГО, выполненные на основе логических элементов с задержкой в цепи обратной связи [5, 8], имеют низкую добротность цепи, определяющую частоту генерации, и, следовательно, повышенное значение фазового (временного) шума. Кроме того, реакция на команду разрешения генерации наступает с задержкой, определяемой суммой задержек логического элемента и задержки в цепи обратной связи. Генератор на элементе интегральной схемы (ИС) К500ЛМ102 с собственной задержкой распространения 2.9 нс имеет суммарную задержку 5нс при частоте генерации 100 МГц. Экспериментальная оценка фазового шума, определенная по первой гармонике, для аналогичного генератора с частотой 25 МГц по [8] на ИС К531П1 дала значение минус 91 дБ/Гц в полосе анализа 10-100 кГц. В то же время ПГ с частотой 40 МГц второго задатчика фазы на биполярном транзисторе с колебательной системой, включенной между коллектором и базой, формирователем импульсного сигнала на логическом элементе на выходе, имеет много меньшее значение фазового шума, равное минус 120 дБ/Гц в той же полосе анализа. Оценка фазового шума проведена с использованием анализатора спектра С4-60 и методики, изложенной в [9].

ПГ СЧ, работающий в диапазоне 5,5 -10,5 МГц и имеющий выходной импульсный сигнал в уровнях ИС ТТЛ, приведен на рис. 3. Используя колебательную систему, включенную между коллектором и базой транзистора T_1 , он позволяет получить достаточно малый уровень фазовых шумов -

минус 120 дБ/Гц в полосе анализа 10-100 кГц. Наибольший вес в полную мощность шумов вносят низкочастотные флуктуации типа $1/f$ (шумы фликкер-эффекта). По аналогии с [9], в полосе анализа 1- 5 кГц изменение спектральной плотности близко к закону $1/f$, полоса 5-15 кГц - переходная область, в полосе 15-100 кГц - белый шум.

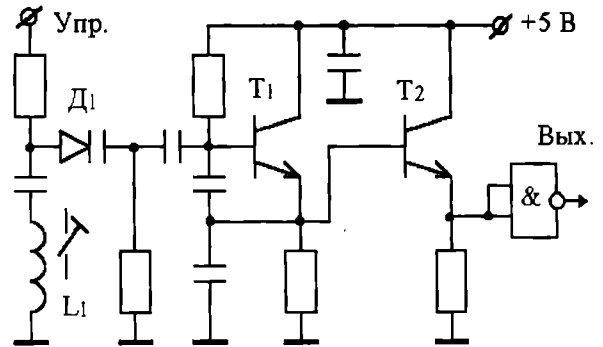


Рис. 3. Подстраиваемый генератор СЧ

В качестве ИФД (рис. 4) используется схема на основе Δ - триггеров [9,12], представляющая, по существу, преобразователь угла сдвига фаз между входными сигналами в интервал времени (длительность выходного импульса). Это решение не позволяет отслеживать и обрабатывать флуктуации фазы сигнала ПГ внутри периода опорного сигнала T_0 (период регулирования), что ведет к увеличению фазового шума сигнала ПГ. Время установления интегрирующего звена (M_3), задержка ДПКД входят в общее время запаздывания управляющего воздействия на сигнал ПГ.

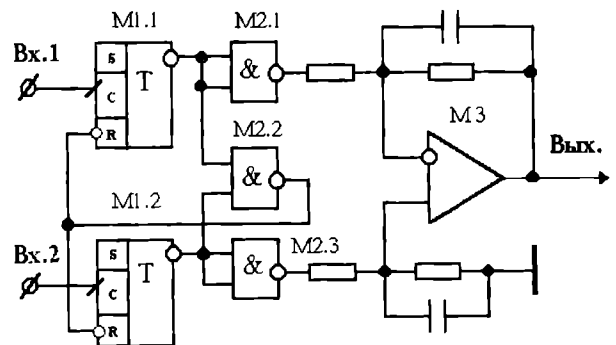


Рис. 4. Импульсный фазовый детектор на D-триггере

ФНЧ 2 (рис.2) кольца решает задачи снижения уровня помех в сигнале с выхода ИФД (обычно с частотой опорного сигнала (Nf_0) , N - натуральное число), снижения уровня помех в управляющем сигнале за счет неидеального спектра

сигнала опорного генератора и обеспечения условий вхождения системы ФАПЧ в режим синхронизма. Решение, удовлетворяющее этим трем требованиям, это пропорционально-интегрирующий фильтр (ПИФ) [10]. Для широкополосных систем ФАПЧ СЧ генераторного канала в е л. R₂ и C равны: R₁ = 2,5 к; R₂ = 3 к; C = 0,015 мкФ. При этом полоса пропускания ФНЧ будет иметь значение 3032 Гц, подавление помехи вида (kfo) в сигнале ПГ кольца ФАПЧ минус (30 - 40) дБ. Значение частоты среза f_{ср пиф} полосы пропускания ПИФ (на уровне 0,707) определяется выражением

$$f_{ср пиф} = \frac{1}{2\pi T} \left[(1 - 2m^2)^{-1/2} \right]^{-1}, \quad (1)$$

позволяющим оценить полосу захвата кольца. Здесь m = R₂ / (R₁ + R₂) - параметр ПИФ. Эквивалентная полоса пропускания системы ФАПЧ с ПИФ (m·T >> 1/Δf, где Δf - полоса удержания кольца), исходя из [11], определяется (при начальной расстройке равной нулю) как

$$f_{ср экв.} = m / 2\pi T. \quad (2)$$

и для приведенного варианта она равна 1051 Гц. То есть, подавление фазовых шумов в сигнале ПГ за счет кольца ФАПЧ наблюдается в полосе менее 1 кГц. Экспериментально полученное значение фазового шума кольца с таким ПИФ лежит в интервале минус (110 - 114) дБ/Гц в полосе анализа 10-100 кГц, или среднеквадратическое значение (СКЗ) временного шума равно 140 пс при коэффициенте деления ДПКД 250.

Таким образом, мощность фазовых шумов ПГ увеличивается при его работе в кольце ФАПЧ на (6-15) дБ/Гц. Минимизация воздействия помех на ПГ конструктивными решениями [9] позволяет уменьшить уровень побочных дискретных составляющих, также снижая взаимное влияние опорного и сигнального каналов. Дальнейшим путем уменьшения временного шума сигнала генераторного канала остается снижение собственных фазовых шумов ПГ, а также шумов узлов кольца. Фазовый шум ПГ при той же элементной базе уменьшается, по сравнению с указанным выше, при использовании варикалов с максимальным коэффициентом перекрытия по емкости K_c при минимально допустимом их включении в колебательную систему. Так, ПГ, собранный по схеме, аналогичной изображенной на рис.3, с варикалом KB129A, для которого K_{c max} = 40, имеет уровень фазового шума минус 119 дБ/Гц в полосе анализа 5 - 100 кГц при частоте сигнала 30 МГц. Уменьшение фазовых шумов дает применение ИФД типа "выборка - хранение" (ИФДВХ) [12,13]. ИФДВХ позволяет получить полный диапазон управляющего напряжения (1-11 В) без дополнительного усиления, а помехи на выходе детектора по [12, 13] - наибольший вес вносит воздействие опорного и пилообразного сигналов - приводят к появлению паразитных составляющих в спектре сигнала ПГ на уровне минус (75-80) дБ и снижаются до минус (100-110) дБ при соответствующих экранировании и топологии схемы. Уровень фазового шума выходного сигнала кольца ФАПЧ, использующего ИФДВХ и ПГ с варикалами KB129A, имеет

значение минус 120 дБ/Гц в полосе анализа 5-100 кГц при частоте сигнала в диапазоне 30-40 МГц или СКЗ временного шума 90 пс при коэффициенте деления ДПКД 300-400. Уровень дискретных побочных составляющих менее минус (60-70) дБ, и в отличие от [14] можно считать малой зависимостью уровня фазовых шумов от соотношения полосы частот анализа и частоты регулирования в кольце. Таким образом, подбор элементов узлов системы ФАПЧ по критерию минимума паразитных отклонений фазы (ПОФ) при конкретных диапазонах частот и точности установки фазы выходного сигнала ведет к улучшению спектра выходного сигнала ПГ, что соответствует теоретическим выкладкам [14-16].

Дальнейшее уменьшение уровня фазовых шумов достигается с помощью структурных решений, в основу которых положено формирование выходных сигналов канала с помощью преобразования частоты (ПрЧ) (рис. 5).

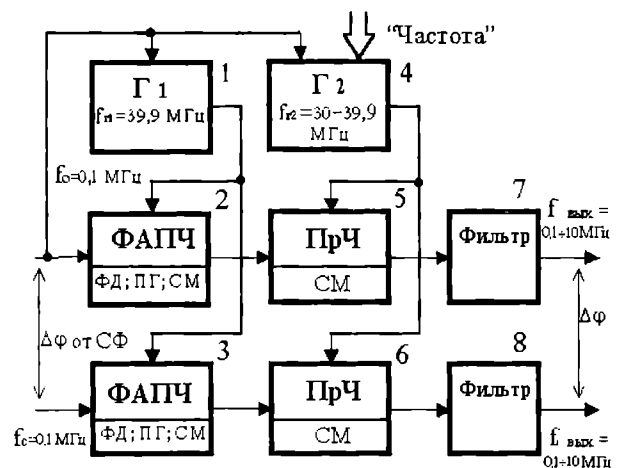


Рис. 5. Структура синтезатора частоты

В канальных синтезаторах частоты фазовый сдвиг между входными опорными сигналами переносится на сигналы ПГ в кольцах ФАПЧ 2, 3 с преобразованием частоты. Смеситель СМ выделяет разностную частоту ПГ и гетеродина Г 1. Далее выходные сигналы ПГ колец 2, 3 поступают на следующие ПрЧ 5, 6, с выходов СМ которых через ФНЧ снимаются выходные сигналы с разностными частотами, равными f_{нрo} - f_{г2}; f_{нрс} - f_{г2}, причем частота второго гетеродина 4 перестраивается в требуемой полосе частот. Гетеродины 1, 4 - это кольца ФАПЧ с ДПКД в цепи обратной связи. Распределение частот по узлам синтезаторов частот также показано на рис. 5. При таком решении исключено влияние задержек ДПКД в кольцах ФАПЧ, когда на время заполнения счетчика делителя кольцо ФАПЧ фактически разомкнуто. Влияние гетеродинов 1, 4 на фазовый шум выходных сигналов канала исключается за счет их

Выходные формирователи канала (рис.6) позволяют получить сигнал с регулируемыми в пределах 1,5 - 2 В верхним и нижним значениями уровней, причем амплитуда выходного сигнала имеет величину не менее 10 В на нагрузке 50 Ом.

общности для сигнального и опорного каналов. Это построение позволяет получить СКЗ временного шума на выходе менее 30 пс (фазовый шум менее 0.1°) при использовании узлов, приведенных выше.

- 1986. - № 10. - С.61 - 66.

3. Комплекс контроля СБИС КВК.ФИЦ.Э-40-003 / Д.А.Ефремов, С.В.Ключанцев, Б.П.Лучин, В.И.Самсонов / // Электронная промышленность.- 1989. - № 3. - С. 64 - 65.

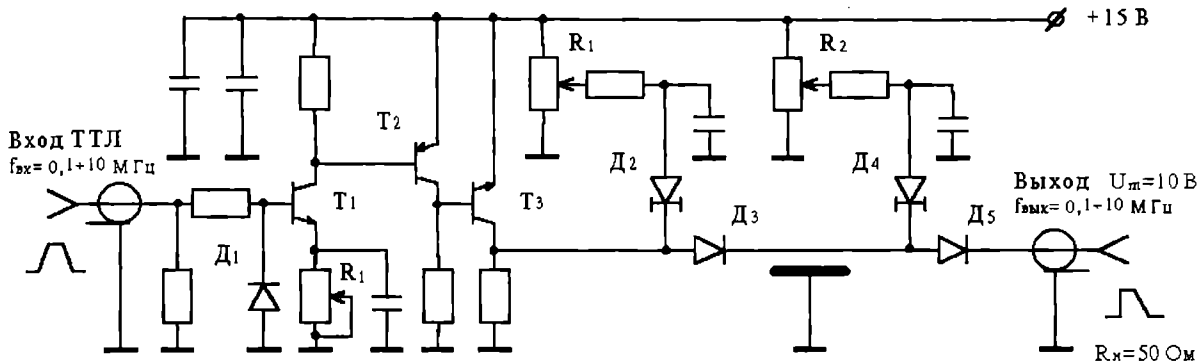


Рис. 6. Выходной формирователь канала

Длительность фронта сигнала 100 пс определяется параметрами примененных в обострителе диодов с накоплением заряда (ДНЗ) D_2 , D_4 (D_4 установлен в микрополосковой линии). Схожий формирователь [6] строится и для уменьшения длительности среза выходного импульса. На эмиттере T_3 импульс имеет амплитуду 10-12 В, длительность фронта не более 3 нс. Резисторы R_1, R_2 определяют токи насыщения соответствующих ДНЗ. Регулировка верхнего и нижнего уровней выходного сигнала осуществляется резисторами R_3 и R_1 соответственно. Длительность импульса равна половине периода выходного сигнала. Уменьшение длительности фронта с помощью диода D_2 происходит до значения, не превышающего 300 пс, а дальнейшее уменьшение производится с помощью диода D_4 до величины не более 100 пс. Микрополосковая линия имеет волновое сопротивление 50 Ом, изготовлен формирователь на печатной плате из материала ФЛАН, монтаж поверхностный.

Изложенное показывает возможность создания периодических и нерегулярных импульсных последовательностей в широких диапазонах частот и амплитуд в пикосекундном диапазоне с высокой точностью установки и регулирования параметров импульсов. Выходной сигнал может быть сформирован в уровнях, требующихся для объекта исследований. Усложнение выходного формирователя путем введения в него варикапов позволяет сделать регулируемой длительность фронта (среза) импульса (в сторону увеличения).

ЛИТЕРАТУРА

1. Испытательная система компании Teradyne, предназначенная для СБИС завтрашнего дня // Электроника. - 1986. - № 23. - С.36 - 40.
 2. Новое оборудование фирмы Genrad для испытаний изделий, создаваемых по программе ССИС // Электроника.

4. Жилин Н.С. Принципы фазовой синхронизации в измерительной технике. - Томск: Радио и связь, 1989. - 240 с.
 5. Фелдман Р., Роски Д. Систематизированный подход к реализации программируемых задержек // Электроника. - 1991. - № 11-12. - С. 46- 53.
 6. Мелешко Е. А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 164 с.
 7. А.с. 1318928 СССР, МКИЗ G 01 R 25/00. Калибратор фазы / В.В. Гришаев, К.Р. Сайфутдинов. 4009587/24-21; Заявлено 21.01.86; Опубл. 23.06.87. Бюл. 24. - 4 с.; ил.
 8. Шило В.П. Популярные цифровые микросхемы: Справочник. - М.: Металлургия, 1988. - 191 с.
 9. Манасевич В. Синтезаторы частот (теория и проектирование): Пер. с англ. / Под ред. А.С. Галина. - М.: Связь, 1979. - 116 с.
 10. Шахгильдян В.В., Ляховкин А.А. Системы фазовой автоподстройки частоты. - М.: Связь, 1972. - 100 с.
 11. Жилин Н.С., Майстренко В.А. Метрологические аспекты преобразования частоты. - Томск: Изд-во Томского ун-та, 1986. - 69 с.
 12. Левин В.А., Малиновский В.Н., Романов С.К. Синтезаторы частот с системой ИФАПЧ. - М.: Радио и связь, 1989. - 23 с.
 13. Импульсно-фазовый детектор для синтезаторов частот / М.И. Другов, В.Л. Карякин, М.Ю. Соловьев, Н.Н. Степанов // Приборы и техника эксперимента. - 1980. -N4. - С. 118-120.
 14. Системы фазовой синхронизации с элементами дискретизации / Под ред. В.В. Шахгильдяна. - М.: Радио и связь, 1980. - 109 с.
 15. Шапиро Д.Н., Паин А.А. Основы теории синтеза частот - М.: Радио и связь, 1981. -160 с.
 16. Майстренко В. А. Параметрическая оптимизация систем фазовой синхронизации с преобразованием частоты // Электросвязь. - 1994. - № 8. - С. 11-13.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИМ СИГНАЛОМ РАДИОИМПУЛЬСА С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОГИБАЮЩЕЙ

И.Д. Золотарев

Омский государственный технический университет

The defect of presentation of high frequency pulse with rectangular envelope by analytical signal (AS) is researched. It is shown, that AS leads to paradoxical results, which do not have physical base. The way of obtaining of complex signal, providing determination of physical envelope and phase of radiosignal, is designed.

Любой финитный во времени осциллирующий сигнал можно представить в виде произведения $f(t) = A(t) \cos\Phi(t)$, где $A(t)$ - огибающая, $\Phi(t)$ - фаза сигнала. Существует неограниченное число пар сомножителей, удовлетворяющих одному и тому же сигналу $f(t)$. Такая неопределенность для огибающей и фазы является недопустимой и известна как проблема Амплитуда, Фаза, Частота (АФЧ). Чтобы избежать неоднозначности, оперируют с комплексными

сигналами (КС) $\dot{f} = f(t) + j \overset{\Delta}{f}(t)$, где сопряженный сигнал $\overset{\Delta}{f}(t)$ связан с исходным некоторым оператором. Тогда для огибающей и фазы колебания имеем соотношения

$$A(t) = |\dot{f}(t)| = \sqrt{f^2 + \overset{\Delta}{f}^2(t)}, \quad \Phi(t) = \arg \dot{f}(t) = \arctg \left[\frac{\overset{\Delta}{f}(t)}{f(t)} \right].$$

Доминантное место в современной радиоэлектронике завоевал комплексный аналитический сигнал (АС), введенный Д. Габором в 1944 г. [1]:

$$\dot{f}(t) = f(t) + j \overset{\Delta}{f}(t) \quad (1)$$

$$\overset{\Delta}{f}(t) = H\{f(t)\} = -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{f(\tau)}{\tau - t} d\tau,$$

Н оператор Гильберта, штрих на значке интеграла означает главное в смысле Коши значение интеграла. Применяя к (1) прямое преобразование Фурье, получим

$\dot{S}_a(\omega) = 2S_f(\omega) 1(\omega) \cdot \overset{\Delta}{S}_f(\omega)$ спектр исходного, $\overset{\Delta}{S}_f(\omega)$ спектр АС, $1(\omega)$ функция скачка. Таким образом, АС имеет спектр, усеченный на отрицательной полуоси частот относительно спектра исходного сигнала.

Существует ряд основных положений, которым в идеале должна удовлетворять комплексная модель сигнала [2-4]: закон причинности (каузальности), который является фундаментальным законом физики; инвариантности огибающей и фазы сигнала; спектр вещественной огибающей при транспозиции спектра вверх и вниз должен сохранять свою комплексно-сопряженную симметрию относительно частоты смещения, т.е. исключается усечение спектра, свойственное АС; обеспечивается соответствующее работе реальных измерителей локальное определение огибающей и фазы радиосигнала (для АС при нахождении функции $\overset{\Delta}{f}(t)$ в каждой точке требуется согласно (1) интегрирование по всей оси времени).

АС, строго говоря, не удовлетворяет ни одному из этих важных свойств. Другие известные пути построения КС либо также не удовлетворяют данным положениям, либо вводятся без достаточных обоснований [2, 5-7]. Нарушения принципов каузальности, инвариантности огибающей и фазы, свойственны АС, явились основой для широкой дискуссии и оспаривания применимости АС [2, 6-10 и др.]. Мода на АС привела к тому, что в ряде серьезных работ в попытках фундаментально обосновать АС он рассматривается как универсальный и единственно верный. Другие описания сигнала, отличные от АС, а priori объявляются физически несостоятельными ("наивные" представления, "старая" радиотехника). Корректными, объективными в математическом, физическом и техническом смысле предлагается считать результаты, вытекающие только из приложений АС, а другие определения параметров сигнала считать допустимым, применять лишь поскольку они согласуются с АС [11-13]. В [12, 13] авторы предлагают даже энергетическую трактовку предвестника и следа радиоимпульса (обнаружение их с помощью специальных схем), хотя физически отсутствуют и предвестник, и след. Существование предвестника из принципа каузальности должно быть исключено вообще.

Наиболее рельефно дефект АС проявляется при его приложении к колебаниям, модулированным разрывными функциями. Из сигналов этого класса широкое приложение находит радиоимпульс с прямоугольной огибающей. Исследования АС для такого радиоимпульса выполнены А.К. Смолински [14]. В его работе был получен и предвестник, и след, а заодно отмечалось нарушение каузальности АС. Д.Е. Вакман и Л.А. Вайнштейн, являясь апологетами АС, не смогли подойти критически к концепции этого сигнала. Недостаточно требовательное отношение к результатам привело А.К. Смолински к тому, что вместе с их заимствованием из [14] в работы [12, 13] переключались и заблуждения.

Важность проблемы АФЧ в радиоэлектронике вообще и выводов, вытекающих из моделирования АС радиоимпульса с прямоугольной огибающей в частности, обусловила необходимость более тщательного рассмотрения модели АС для такого радиоимпульса. Запишем сигнал в форме

$$f(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \psi_0) [1(t) - 1(t - \tau_n)] = f_1(t) - f_2(t) \quad (2)$$

$f_1(t)$ - радиоскачок, включаемый при $t = 0$, $f_2(t)$ - обратный радиоскачок, включаемый при $t = \tau_n$.

Найдем предвестник и след радиоимпульса, определяемый из АС. Для нахождения предвестника получим из (1) сопряженную по Гильберту функцию относительно $f_1(t)$:

$$\begin{aligned} \hat{f}_{n1}(t) = & A_0 \{ \sin(\omega_0 t + \psi_0) + \\ & + \frac{1}{\pi} [\cos(\omega_0 t + \psi_0) \text{ci}(\omega_0 t) + \\ & + \sin(\omega_0 t + \psi_0) \text{si}(\omega_0 t)] \}. \end{aligned} \quad (3)$$

Для того чтобы определить предвестник, следует учесть, что при $t < 0$, $f_1(t) \equiv 0$, $\text{ci}(-\omega_0 t) = \text{ci}(\omega_0 t)$,

$\text{si}(-\omega_0 t) = \pi - \text{si}(\omega_0 t)$. Тогда из (1) и (3) имеем

$$\begin{aligned} \hat{f}_{a1}(t) = & 0 + j \hat{f}_{n1}(t) \quad t < 0 \\ \hat{f}_{n1}(t) = & \frac{A_0}{\pi} [\cos(\omega_0 t + \psi_0) \text{ci}(\omega_0 t) - \\ & - \sin(\omega_0 t + \psi_0) \text{si}(\omega_0 t)] l(-t). \end{aligned} \quad (4)$$

Отсюда для огибающей и фазы при $t < 0$ получим

$$A_1(t) = |\hat{f}_{n1}(t)| l(-t), \quad \Phi_1(t) = \frac{\pi}{2} \text{sgn} \hat{f}_{n1}(t)$$

Следовательно, $f_{a1}(t) = A_1(t) \cos \Phi_1(t) \equiv 0$. Это соответствует формальной записи АС для $t < 0$ ($\text{Re} f_{a1}(t) = 0$).

Определим след АС после выключения радиоимпульса (для $t > \tau_n$). Для этого, вводя комплексное представление сопряженной функции так, что $\hat{f}_{n1}(t) = \text{Im} \hat{f}_{n1}(t)$, преобразуем (3) к виду

$$\begin{aligned} \hat{f}_{n1}(t) = & A_0 \dot{N}(\omega_0 t) l(t) \exp j(\omega_0 t + \psi_0) = \\ = & A_0 N(\omega_0 t) \exp j[\omega_0 t + \zeta(\omega_0 t) + \psi_0] l(t). \end{aligned} \quad (5)$$

где $\dot{N}(\omega_0 t) = 1 + \frac{1}{\pi} \dot{r}_{\text{scic}}(\omega_0 t) = N(\omega_0 t) \exp j\zeta(\omega_0 t)$.

$\dot{r}_{\text{scic}}(\omega_0 t)$ - радиус-вектор, описывающий на комплексной плоскости scic -спираль:

$$\dot{r}_{\text{scic}}(\omega_0 t) = \text{si}(\omega_0 t) + j \text{ci}(\omega_0 t) = r_{\text{scic}}(\omega_0 t) \exp j\rho(\omega_0 t).$$

$$r_{\text{scic}}(\omega_0 t) = [\text{si}^2(\omega_0 t) + \text{ci}^2(\omega_0 t)]^{1/2}.$$

$$\rho(\omega_0 t) = \arg \dot{r}_{\text{scic}}(\omega_0 t) = \arctg[\text{ci}(\omega_0 t) / \text{si}(\omega_0 t)].$$

Модуль $r_{\text{scic}}(\omega_0 t)$ с ростом t быстро затухает и уже к $\omega_0 t > 4\pi$ ($t/T_0 > 2$, $T_0 = 2\pi/\omega_0$) можно считать, что $N(>4\pi) \approx 1$, $\zeta(>4\pi) \approx 0$. Будем, ради упрощения записи соотношений, считать, что длительность радиоимпульса $\tau_n > 5T_0$. Тогда для $t > \tau_n$ в соответствии с (3) и (5)

$$\hat{f}_{n1}(t) \approx A_0 \sin(\omega_0 t + \psi_0) \quad t > \tau_n$$

$$\hat{f}_{a1}(t) \approx A_0 \exp j(\omega_0 t + \psi_0) l(t - \tau_n).$$

Найдем АС для смещенного во времени радиоскачка $f_2(t)$. Воспользовавшись (1) и решением для сопряженной по Гильберту функции для 1-го радиоскачка (3), сразу получаем

$$\begin{aligned} \hat{f}_{a2}(t) = & A_0 \{ \exp j(\omega_0 t + \psi_0) + \\ & + \frac{1}{\pi} [\cos(\omega_0 t + \psi_0) \text{ci} \omega_0(t - \tau_n) + \\ & + \sin(\omega_0 t + \psi_0) \text{si} \omega_0(t - \tau_n)] l(t - \tau_n) \}. \end{aligned}$$

Суммируя согласно (2) АС для обоих радиоскачков, получим АС для следа радиоимпульса (для $t > \tau_n$):

$$\begin{aligned} \hat{f}_a(t) = & \hat{f}_{a1}(t) - \hat{f}_{a2}(t) = -j \frac{A_0}{\pi} [\cos(\omega_0 t + \psi_0) \text{ci} \omega_0(t - \tau_n) + \\ & + \sin(\omega_0 t + \psi_0) \text{si} \omega_0(t - \tau_n)] l(t - \tau_n) = \\ = & [0 + j \hat{f}_{n1}(t)] l(t - \tau_n) \end{aligned} \quad (6)$$

Огибающая и фаза для следа радиоимпульса определится из (6) как

$$\begin{aligned} A(t) = & |\hat{f}_a(t)| l(t - \tau_n) = |\hat{f}_{n1}(t)| l(t - \tau_n) \\ \Phi(t) = & -\frac{\pi}{2} \text{sgn} \hat{f}_{n1}(t) \end{aligned}$$

Тогда для $t > \tau_n$ $f_a(t) = \hat{f}_a(t) l(t - \tau_n) = A(t) \cos \Phi(t) \equiv 0$ и, следовательно, след радиоимпульса отсутствует, что соответствует физической реальности, в то время как АС его дает [12-14].

Рассмотрим теперь АС для радиоимпульса в интервале $0 \leq t \leq \tau_n$. При этом по аналогии будем считать следом затухающий колебательный процесс, накладываемый на моделируемый сигнал после включения радиоимпульса, и предвестником - накладываемый нарастающий колебательный процесс, предшествующий заднему фронту радиоимпульса.

Из (1) и (5) АС (след) для 1-го радиоскачка

$$\begin{aligned} \hat{f}_{a1}(t) = & A_0 \{ \cos(\omega_0 t + \psi_0) + \\ & + jN(\omega_0 t) \sin[\omega_0 t + \zeta(\omega_0 t) + \psi_0] \} l(t). \end{aligned} \quad (7)$$

откуда для огибающей и фазы АС получим

$$\begin{aligned} A_1(t) = & A_0 \{ \cos^2(\omega_0 t + \psi_0) + \\ & + N^2(\omega_0 t) \sin^2[\omega_0 t + \zeta(\omega_0 t) + \psi_0] \}^{1/2} l(t), \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \Phi_1(t) = & \arctg \{ N(\omega_0 t) [\text{tg}(\omega_0 t + \psi_0) \times \\ & \times \cos \zeta(\omega_0 t) + \sin \zeta(\omega_0 t)] \}. \end{aligned} \quad (9)$$

Как уже отмечалось, функция $\dot{N}(\omega_0 t)$, характеризующая отклонение АФЧ, определяемых из АС, относительно АФЧ исходного сигнала, быстро стремится к своему пределу (при $t > 2T_0$ $N(\omega_0 t) \approx 1$, $\zeta(\omega_0 t) \approx 0$) [8,9]. Однако вблизи фронта радиоимпульса для АС огибающая в соответствии с поведением $\dot{r}_{sici}(\omega_0 t)$ имеет логарифмическую сингулярность, а фаза - существенный выбег колебательного характера.

Соотношения для предвестника получим, введя новую переменную $t_1 = t - \tau_i$. Процесс будем рассматривать в окрестности $t_1 = 0$. В соответствии с (2) АС определится суммой двух составляющих от включения 1-го и 2-го радиоскачков:

$$\begin{aligned} \dot{f}_{a1}(t) &= [\dot{f}_{a1}(t_1) - f_{a2}(t)] I(-t_1) \\ \dot{f}_{a1}(t) &= [0 + j\dot{f}_{a2}(-t_1)] I(-t_1) \end{aligned} \quad (10)$$

Полагая, что при подходе к заднему фронту колебательный след от переднего фронта радиоимпульса практически затухнет (при $\tau_i > T_0$), можем записать

$$\begin{aligned} \dot{f}_{a1}(t_1) &= A_0 \exp j(\omega_0 t_1 + \psi_\tau) I(-t_1) \\ \psi_\tau &= \omega_0 \tau_i + \psi_0 \end{aligned} \quad (11)$$

Для $\dot{f}_{a2}(t_1)$ получаем выражение, аналогичное (3), которое после перехода к отрицательному аргументу приводится к виду, подобному (4):

$$\begin{aligned} \dot{f}_{a2}(t_1) &= \frac{A_0}{\pi} [\cos(\omega_0 t_1 + \psi_\tau) ci(|\omega_0 t_1|) - \\ &- \sin(\omega_0 t_1 + \psi_\tau) si(|\omega_0 t_1|)] I(-t_1) \end{aligned} \quad (12)$$

Подставляя в (10) формулы (11) и (12), приходим к выражению

$$\begin{aligned} \dot{f}_a(t_1) &= A_0 \{ \cos(\omega_0 t_1 + \psi_\tau) + jN_\tau(|\omega_0 t_1|) \times \\ &\times \sin[\omega_0 t_1 + \zeta_\tau(|\omega_0 t_1|) + \psi_\tau] \} I(-t_1) \\ N_\tau(|\omega_0 t_1|) &= N_\tau(|\omega_0 \tau_i|) \exp j\zeta(|\omega_0 t_1|) = \\ &= 1 - \frac{1}{\pi} r'_{sici}(|\omega_0 t_1|) \\ r'_{sici}(|\omega_0 t_1|) &= r_{sici}(|\omega_0 t_1|) \exp j\rho'(|\omega_0 t_1|) \\ \rho'(|\omega_0 t_1|) &= \pi - \rho(|\omega_0 t_1|) \end{aligned} \quad (13)$$

Однотипность выражений (7) и (13) для следа и предвестника на интервале $0 \leq t \leq \tau_i$ приводит к соотношениям для огибающей и фазы предвестника, аналогичным формулам (8) и (9) для следа:

$$\begin{aligned} A(t_1) &= A_0 \{ \cos^2(\omega_0 t_1 + \psi_\tau) + N_\tau^2(|\omega_0 t_1|) \times \\ &\times \sin^2[\omega_0 t_1 + \zeta_\tau(|\omega_0 t_1|) + \psi_\tau] \}^{1/2} I(-t_1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi(t_1) &= \arctg\{N_\tau(|\omega_0 t_1|)[\tg(\omega_0 t_1 + \psi_\tau) \times \\ &\times \cos \zeta_\tau(|\omega_0 \tau_i|) + \sin \zeta_\tau(|\omega_0 \tau_i|)]\} \end{aligned}$$

Таким образом, имеем предвестник заднего фронта. Это, если, абсолютизируя АС, искать физическую содержательность в предвестнике, приведет к противоречию с законом каузальности. Чтобы избежать ошибки, следует просто вместо неоправданного офизичивания АС принять, что этот сигнал дает один из способов математического описания колебательного процесса в комплексной форме с определенной асимптотикой, как, собственно, оно и есть в действительности [8,9,15].

Между тем проблема однозначного определения параметров АФЧ колебательного процесса, соответствующих физическому адеквату их, является одной из фундаментальных проблем современной радиоэлектроники. Решение ее в сочетании с методом, упрощающим обратное преобразование Лапласа, было дано еще в 1964 г. в [16-18]. Полученный в результате приложения этого метода КС дает однозначное определение АФЧ колебаний, соответствующее их физическому смыслу. Здесь отпадает необходимость искусственного построения сопряженной функции. Однозначность АФЧ обеспечивается единственностью соответствия изображающей функции своему сигналу (в более общем случае - дифференциальному уравнению системы). При этом не требуется введение специальной асимптотики, что обеспечивает корректность получаемых результатов. КС, полученный в результате приложения метода [16-18], удовлетворяет всем четырем указанным выше важным положениям [3-4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Gabor D. Theory of Communication. // J. of IEE. 1946. - V. 93.-26.- P. 429-457.
2. Финк Л.М. Сигналы, помехи ошибки... Заметки о некоторых неожиданностях, парадоксах и заблуждениях в теории связи. -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь. 1984.-256 с.
3. Золотарев И.Д. Проблема "Амплитуда. Фаза. Частота" при разработке перспективных средств связи // Материалы 1-й междунар. науч. практ. конф.- Омск, 1996. - С. 126.
4. Zolotarev I.D. The New Approach in Determination of the Problem Amplitude, Phase, Frequency in the Theory of Signals and Systems // 25 General Assembly URSI, Abstracts, Lille, France, 1996. - P. 148.
5. Тихонов В.И. Один из способов определения огибающей квазигармонических флюктуаций. // Радиотехника и электроника. - 1957.-Т. 2, N 4.- С. 502-506.
6. Варакин Л.Е., Гусель А.С. Сравнение аналитического и экспоненциального сигналов // Радиотехника.-1975. -Т.30, N1. - С. 17-20.
7. Агеев Д.В. К вопросу определения понятия амплитуды, фазы и мгновенной частоты сигнала // Радиотехника и электроника.- 1973.-Т.18, N8.-С. 1766-1768.

8. Zolotarev I.D. Analytical Signal for Time Truncated Functions // Pros. Of III International Conf. On Electronic Circuits. Praga, 1979.- P. 316-317.
9. Золотарев И.Д. О погрешности определения огибающей и фазы Гильбертовым сигналом // Электрические и магнитные измерительные устройства: Межвуз. сб. Омск, 1984.- С. 117-122.
10. Вербин Ю.П. Об оценке и скорости распространения сигналов. // Радиотехника и электроника. - 1995.- Т.40, N8.- С. 1169-1176.
11. Вакман Д.Е. Старая радиотехника и аналитический сигнал // Радиотехника.-1977.-Т.32, N5.-С. 20-26.
12. Вакман Д.Е., Вайнштейн Л.А. Амплитуда, фаза, частота - основные понятия теории колебаний // УФН.-1977-Т.123, вып. 4.-С. 657-682.
13. Вайнштейн Л.А., Вакман Д.Е. Разделение частот в теории колебаний и волн. - М.: Наука, ГРФМЛ, 1983.- 288 с.
14. Smolinski A.K. On the Hilbert Envelope of a High Frequency Pulse. Bull. Acad. Pol. Sciences Techniques.-1971.-V.19, N6- P. 473-484.
15. Золотарев И.Д. Методы исследования переходных процессов в фазово-импульсных измерительных системах. // ОмПИ - Омск, 1983.-150 с. Деп. в ВИНТИ 23.09.83. N 3307-83.
16. Золотарев И.Д. О некоторых формулах, упрощающих выполнение обратного преобразования Лапласа // Изв. СО АН СССР, сер. техн. наук.-1964.-Вып. 3, N10.- С. 166-168.
17. Золотарев И.Д. О возможности упрощения обратного преобразования Лапласа (случай кратных полюсов) / / Изв. СО АН СССР, сер. техн. наук.-1964.-Вып. 3, N10-- С. 162-166.
18. Золотарев И.Д. Нестационарные процессы в резонансных усилителях фазово-импульсных измерительных систем.- Новосибирск:Наука. 1969.-176 с.

УДК 616.853-035.001.8

ЭПИЛЕПСИЯ. ОРИЕНТИРЫ ПРАКТИКИ. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ

Ю. Н. Савченко

Омская государственная медицинская академия

Epilepsy. Reference point of practice. Research priorities. Yu.N.Savchenko.

Epilepsy (E) is the disease with incomplete penetrance and spring up on the backdrop of polygene predisposition that realisation under influence of etiological factor. Display and clinic E depends on age, attendant diseases, state of personal immunological responsive. Mechanisms of the center of the encephalopathy epilepsy, correlation personal excitability and paroxysmality of the brain at various ages and closer definition significance of system organization and hearth of component of epileptogenesis are research priorities complex treatment include correct influence: immunological, medicamentous, neurosurgical and others. Neurological clinic has long experience of research, practice work and it is interregion Siberian Center Treatment Patients.

Эпилепсия (Э) - заболевание, характеризующееся пароксизмальными приступами, иногда с нарушением характера и психики, довольно устойчивой пенетрантностью в популяции, возникает на фоне генетически обусловленного предрасположения и реализуется под влиянием воздействия экзогенных факторов. Проблема организации лечения эпилепсии всегда находилась во внимании медицинских работников и специалистов. Эпилепсия - это не только удел неврологии и психиатрии, но и различных специальностей, включая и нейрохиргию. Проблема эпилепсии имеет большое значение для общества, которое согласно традициям гарантирует права пациенту. Однако было бы верным подчеркнуть значимость системы врачей общего профиля, в том числе и педиатров, к которым впервые обращаются пациенты или их родственники, а впоследствии они остаются или должны оставаться во внимании этих специалистов всю оставшуюся жизнь. Основные проблемы эпилептологии согласно современным взглядам, отраженных на XXI-й Конференции Польской противоэпилептической лиги 21-24 мая 1996 г., а в последующем в Белграде на XV-м Югославском эпилептологическом симпозиуме, затрагивают проблему эпилепсии и беременности, социальные и экономические проблемы эпилептологии, новые методы диагностики, лечения эпилепсии, дифференциальной диагностики эпилептических и неэпилептических приступов, психиатрические аспекты эпилепсии. Основной проблемой, вокруг которой сосредотачиваются вопросы диагностики, лечения и профилактики эпилепсии, является оптимальная социальная адаптация больных.

На определенном этапе диагностики и лечения в Омске принимает участие невролог в условиях поликлиники, иногда и стационара. Классический подход в процессе диагностики эпилепсии предусматривает классифицирование эпилепсии по критерию - п р и с т у п, уточнение особенностей психоневрологических проявлений, что достигается сопоставлением обнаруженных клинических

симптомов с проявлением биоэлектрической активности мозга. Однако этого может быть недостаточно, поскольку фактор э т и о л о г и и примерно у половины всех наблюдаемых пациентов может иметь значение как в диагностике, так, что особенно важно, и в программе лечения. Наряду с универсальным фактором эпилептогенеза, который следует связать с состоянием гематоэнцефалического барьера, важны, согласно полученным данным, особенности врожденных сосудистых и других аномалий мозга, перенатальной травмы, инфекции, травмы военного и мирного времени, сосудистых заболеваний, нейроонкологических заболеваний, интоксикаций, эндогенных заболеваний, а также факторы провоцирования, обусловленные вегето-сосудистой дистонией, эмоциональным возбуждением, стрессовыми состояниями. В процессе диагностики известное значение имеют параклинические методы современного уровня. Из изложенного следует, что промежуточный период наблюдения пациента с эпилепсией должен быть заполнен интенсивным обследованием и обоснованием комплекса лечения. Основные мероприятия обеспечиваются в специализированных отделениях крупных многопрофильных учреждений города. Специальные методы исследования лечения, в том числе и нейрохирургическая коррекция для больных Омской области и населения Сибири и Дальнего Востока, в рамках межобластного Сибирского центра осуществляются в комплексной клинике неврологии и нейрохирургии областной клинической больницы.

Исследовательским приоритетом первой очередности является проблема центрэнцефалических механизмов Э. Как известно, термин центрэнцефалическая эпилепсия, предложенный Пенфилдом и Джаспером, неоднократно подвергался пересмотру по причине распространенной концепции о значимости очага в эпилептогенезе. Клиника неврологии и нейрохирургии ОГМА в числе первых разработала концепцию эпилептической системы, особенно ярко отраженную в диссертации Р.И.Генне [1].

Современные исследователи [2] свидетельствуют о том, что состояние мозга при Э изменено весьма диффузно. В фармакологическом плане это является основанием для применения средств, в первую очередь влияющих на неспецифические системы мозга, глобально изменяющие его функциональное состояние. Представляется возможной реставрация понятия центрэнцефалической эпилепсии со всеми вытекающими особенностями лечебных воздействий и вместе с тем с критерием противопоказанности каких-либо хирургических активностей.

Дополнительные понятия к трактовке эпилептогенеза дают осуществленные в клинике исследования посредством генетико-физиологических сопоставлений [3]. Известно, что старый спор о характере наследственного фактора при эпилепсии - доминантный или рецессивный, разрешился экспертами ВОЗ [4], согласовавшими представление о значимости полигенной предрасположенности эпилептогенеза. Пароксизмальный мозг формируется на фоне предрасположенности и под влиянием этиологических факторов. Однако, как показали специальные исследования, в эпилептогенезе, из-за наличия полигенных механизмов возможны как доминантные, так и рецессивно наследуемые формы эпилепсии. В случаях так называемых семейных эпилепсий (доминантный механизм) наблюдается торпидный тип биоэлектрической активности мозга - снижение лабильности нервной системы сложного генеза. Возникновение при этом устойчивых диффузных дизритмий в известной мере ограничивает дальнейшее распространение эпилептических разрядов. В то время как в несемейных формах заболевания (рецессивный механизм) биоэлектрическая активность имеет тенденцию к электротоническому повышению возбудимости, что способствует возникновению, проведению, распространению эпилептического разряда на соседние нейроны (эффект облегчения). Полученные факты являются дополнением к представлению о системной организации эпилептического процесса и вместе с тем могут быть использованы в качестве ориентиров практики.

Проблема лечения, как установлено в Омском специализированном центре, требует не только индивидуального подхода при подборе противоэпилептических средств, но и комплексного системного лечебного процесса. В отдельных случаях (5 % от числа изученных с ясной этиологией очаговых форм эпилепсии) показана хирургическая коррекция в лечебном комплексе. Можно с известной долей уверенности предполагать, что медикаментозная терапия, по существу, направлена на природный фактор

генетически контролируемой предрасположенности к пароксизмам, в то время как хирургическая коррекция нужна лишь для смягчения существующих и действующих очагов пароксизмальной активности. Разработаны и внедрены в Омске и некоторых городах Сибири, Дальнего Востока дифференцированные показания и дифференцированная тактика нейрохирургической коррекции эпилептогенеза.

Универсальный препарат при эпилепсии является предметом поиска различных коллективов научных учреждений. Заслуживает внимания препарат депакинхроно, обладающий рядом особенностей фармакокинетики, эффективным фармакологическим воздействием и широкими показаниями к применению при генерализованных приступах, малых эпилептических припадках, очаговых порционных как с простой, так и сложной симптоматикой. Препарат эффективен при судорожном синдроме органических заболеваний мозга, расстройстве поведения, связанных с эпилепсией.

Реабилитация при эпилепсии характеризуется этапами лечения и главным образом восстановлением пациента в социальном статусе. Прослеженные наблюдения на протяжении четверти века и более позволяют с уверенностью высказать предположение о социализации как важнейшем факторе комплексного лечения эпилепсии.

ЛИТЕРАТУРА

1. The interaction of the system and the focus mechanisms at the different of the epilepsy patogenesis/ R.I.Henne, Y.N.Savchenko, S.I.Ireniev, Y.T. Ignatiev // The International symposium Physiological and biochemical basis of brain activity . - Abstracts. - P. 75.
2. Зенков Л.П. Структурно-функциональная организация нервной системы: Руководство //Болезни нервной системы.- М., 1995. -Т. 1. - С. 9 - 18.
3. Савченко Ю.Н. Исследование биоэлектрической активности головного мозга при эпилепсии методом количественного анализа ЭЭГ с применением ЭВМ // Нейрофизиологические основы нормальных и патологических реакций мозга человека. -Ленинград, 1970.- С.107-110.
4. Генетика человека и общественное здравоохранение: Второй доклад Комитета экспертов ВОЗ по генетике человека //Всемирная организация здравоохранения.- Женева, 1963.-47с.

УДК 616-001-8-036.82-07:616

ОСТРОЕ НАРУШЕНИЕ ПУРИНОВОГО ОБМЕНА

В.Д.Конвай

Омская государственная медицинская академия

We examined the pathogenesis of postreanimation disease. In result we describe a new typical pathologic process the acute break of purine metabolism. The basical processes of the acute break of purine metabolism there are intercommunicative and successive processes: hypoxia, decrease of ATP synthesis, the activation of glycolysis, which promote a development of lactoacidosis and increase the catabolism of purine mononucleotides (till hypoxanthinum). Delayed reutilization of hypoxanthinum promote the inclusion of this substancia in xanthinoxidase reaction. This process causes deficiency of adenyl derivative, which on the one hand hinder the ATP synthesis and tissue perfusion. On the other hand, overproduction of active forms of oxygen intensity lipoproduction of active forms of oxygen intensity lipoperoxidation of cells membranes, which decrease the efficiency of the antiperoxide protection system. These results are the base for elaboration of new methods of correction metabolism damage, which develops at hypoxia.

Давно известны заболевания, связанные с хроническим нарушением пуринового обмена: подагра, уратные нефропатии, ксантинурия и др. В процессе исследования патогенеза в постреанимационной болезни в 1973 году нами впервые сформулировано положение об остром нарушении пуринового обмена [2]. Оно было подтверждено нашими дальнейшими исследованиями [3], а также фрагментарными литературными данными [1,5,7].

В настоящей статье обобщены результаты собственных исследований и имеющиеся литературные данные о механизме острого нарушения пуринового обмена.

ПУРИНЫ

К данным соединениям относят вещества, содержащие пуриновый цикл. В организме наиболее часто встречается его производное - аденин. К нему присоединена рибоза (или дезоксирибоза), а к последней - радикал фосфорной кислоты. Такое соединение называется аденозинмонофосфат (АМФ). Источником его в организме могут быть пурины, поступающие с пищей или синтезированные в клетке. Этот процесс начинается с выработки в пентозном цикле рибозо-5-фосфата. Он присоединяет отщепленный от АТФ пирозофосфат в результате пирозофосфокиназной реакции и превращается в фосфорилированный пирозофосфат. Последний, соединяясь с аминогруппой глутамина, превращается в 5'-фосфо-рибозиламин, который в результате 11-ти последовательно протекающих реакций образует АМФ [4]. За сутки в организме, находящемся на беспуриновой диете, синтезируется около 200 мг пуринов [4]. К АМФ через макроэргическую связь может присоединяться еще один радикал фосфата с образованием АДФ. После присоединения к последнему подобным образом еще одного остатка фосфата образуется АТФ. Часть необходимой для этого энергии освобождается в фосфоглицераткиназной, пируват-киназной реакциях гликолиза и сукцинилтиокиназной реакции цикла Кребса.

Основная масса ее выделяется во время взаимодействия в дыхательной цепи митохондрий кислорода и ионов водорода. За сутки в организме генерируется количество АТФ, превышающее массу тела в два раза [4]. Освобождающаяся при расщеплении АТФ до АДФ и фосфорной кислоты энергия используется для поддержания функции ионных насосов клеток, реакций биосинтеза, специфической работы нервных, мышечных клеток, почек и других органов.

НАРУШЕНИЕ ОБМЕНА ПУРИНОВ ПРИ ГИПОКСИИ

При нарушении доступа кислорода в клетки тормозится генерация митохондриями АТФ с последующим увеличением содержания АМФ [3]. Последний, активируя фосфофруктокиназу, усиливает интенсивность анаэробного гликолиза, что позволяет поддерживать в течение определенного времени уровень АТФ. При этом усиливается выработка лактата, что приводит к торможению гликолиза с последующим усилением катаболизма пуринов [3]. Рост уровня АМФ и уменьшение в клетке рН приводят к активации аденилатдезаминазы [5] с последующим увеличением уровня инозинмонофосфата (ИМФ) [2,3]. Физиологический смысл данного явления заключается, на наш взгляд, в том, что выделившийся в результате данной реакции аммиак предотвращает резкое закисление тканей лактатом, образующимся в реакциях анаэробного гликолиза. Этот аммиак в дальнейшем связывается глутаматом или аспартатом и выделяется почками в виде хлористого аммония. Если генерация АТФ восстанавливается, то ИМФ превращается в дальнейшем в АМФ. В условиях нарушения генерации АТФ ИМФ гидролизуются 5'-нуклеотидазой до инозина [3].

Возрастанию уровня последнего в тканях способствует и протекающее параллельно дефосфорилирование АМФ 5'-нуклеотидазой, локализованной на клеточных оболочках. В физиологических условиях этот фермент ингибируется АТФ [5]. Снижение уровня последнего при

нарушении кровотока в тканях приводит к снижению содержания АТФ и увеличению уровня АМФ. Это способствует активации 5'-нуклеотидазы с последующим поступлением во внеклеточное пространство аденозина. Последний, расширяя сфинктеры артериол, усиливает доставку кислорода к участку тканей, а вместе с ним и генерацию АТФ. После этого аденозин обратно захватывается клетками в результате аденозинкиназной реакции [5]. 5'-нуклеотидаза, сфинктеры артериол и аденозинкиназа являются, на наш взгляд, компонентами системы, функция которой направлена не только на регуляцию базального кровотока в тканях, но и предотвращение потери пуринов органами с последующим развитием в них дефицита АМФ, АДФ и АТФ. Синтез пуринов - не только медленный процесс, но и сопряженный с затратой дефицитного пластического и энергетического материала.

В условиях гипоксии выброс из клеток аденозина не улучшает доставку кислорода. Уровень АТФ в них прогрессирующе падает, на что клетка реагирует еще большим "выбросом" аденозина. Содержание последнего в очаге гипоксии возрастает до столь высокого уровня, что он начинает расщепляться аденозиндезаминазой. Сродство аденозина с которой в несколько раз ниже, чем с аденозинкиназой, и в физиологических условиях этот нуклеозид дезаминируется очень медленно [5]. Аденозиндезаминаза, локализованная в клетках тонкого кишечника, печени, эндотелия кровеносных сосудов и клеток крови, является, на наш взгляд, компонентом системы, функция которой направлена на предотвращение повышения в крови аденозина до уровня, способного вызвать резкое снижение артериального давления.

Еще одним способом предотвращения резкого увеличения содержания аденозина в крови может быть связывание его с пептидами "фракции средних молекул" (ФСМ). Проведенный нами анализ спектральных характеристик ФСМ, выделенной у оживленных животных при помощи диализа и гельфильтрации на Сефадексе Г-15, показал, что некоторые компоненты ее содержат радикал аденина. Можно полагать, что аминогруппа аденозина связывается со свободными карбоксильными группами пептидов. Физиологический смысл увеличения в крови уровня ФСМ при терминальных состояниях заключается, вероятно, в реакции организма на массивное поступление в кровь продуктов катаболизма АМФ.

Увеличение в тканях уровня аденозина вследствие интенсификации АМФ по вышеуказанным механизмам приводит к катаболизму его до рибозо-1-фосфата и гипоксантина в результате реакции, катализируемой пурипнуклеозидфосфорилазой. Содержание гипоксантина в печени при тяжелых гипоксических состояниях увеличивается [3]. Дальнейшее превращение его может протекать двумя путями. В условиях достаточной обеспеченности тканей фосфорибозилпирофосфатом, вторым субстратом гипоксантингуанинфосфорибозилтрансферазы, гипоксантин превращается вначале в ИМФ, а затем в АМФ [5]. После оживления содержание фосфорибозилпирофосфата в печени снижается

вследствие недостаточно эффективной генерации в реакциях пентозного цикла его предшественника - рибозо-5-фосфата [3]. Это может быть связано как с торможением активности глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, ключевого фермента пентозного цикла, так и недостаточной обеспеченностью его глюкозой вследствие усиленного окисления ее в реакциях анаэробного гликолиза. Из-за этого содержание гипоксантина в тканях повышается до такого уровня, что начинает усиленно окисляться до мочевой кислоты, содержание которой в крови после оживления возрастает наряду с увеличением в ней концентрации молочной кислоты [3]. О степени тяжести лактоацидоза, на наш взгляд, нельзя судить лишь по увеличению уровня лакцидемии. Молочная кислота даже в условиях высокой концентрации ее в крови может успешно реутилизироваться в печени в углеводы. Если же гиперлактацидемия сопровождается гиперурикемией, то это, вероятно, свидетельствует об остром нарушении метаболизма пуринов. Последствий этого явления может быть несколько.

ПОСЛЕДСТВИЯ ОСТРОГО НАРУШЕНИЯ МЕТАБОЛИЗМА ПУРИНОВ

Дефицит адениловых производных

Усиление катаболизма пуринов приводит к снижению содержания АМФ, АДФ и АТФ в первые 90 мин после оживления [3]. Дефицит АМФ, активатора реакций гликолиза и АДФ, стимулятора генерации АТФ в митохондриях [4], приводят к развитию гипозергоза. Снижение уровня АМФ лимитирует также вовлечение его в процессы регуляции базального кровотока в тканях [1]. Дефицит АМФ тормозит, вероятно, и использование его в реакции предотвращения резкого снижения рН, катализируемой аденилатдезаминазой, с последующим нарушением в клетках кислотно-щелочного состояния.

Усиление липопероксидации мембранных структур

Гипоксантин в клетке окисляется в результате реакций, катализируемых ксантиндегидрогеназой (КсДГ) и ксантиноксидазой (КсО). Одна из функций данных энзимов направлена на предотвращение резкого увеличения в крови гипоксантина, поступающего с пищей, способного привести к изменению пула пуриновых мононуклеотидов. Активность их высока и в различных органах: головном мозге, печени, тонком кишечнике, сердце и др. [8]. В физиологических условиях в клетках содержится преимущественно КсДГ, восстанавливающая НАД. При повреждении данного фермента различными факторами, в частности окислителями сульфгидрильных групп, наступает его конверсия в КсО [7]. Последняя продуцирует супероксидные радикалы и перекись водорода, способные превращаться в гидроксильный радикал, который повреждает двойные связи ненасыщенных жирных кислот, входящих в состав

фосфолипидов мембранных структур. При этом образуются гидроперекиси липидов, способствующие появлению в гидрофобном слое мембран гидрофильных "дыр". Вследствие этого нарушаются функции органоидов клеток, органов, а затем и целостного организма. Конверсия КсДГ в КсО является, на наш взгляд, частью выработанного в процессе эволюции механизма, направленного на отбраковку особи, пораженной инфекционным заболеванием. На той его стадии, когда создается угроза распространения инфекции на другие особи стада, популяции выгодно, чтобы состояние заболевшего животного ухудшилось и оно стало жертвой хищника. Данный механизм "срабатывает", вероятно, и при развитии вызванных различными факторами терминальных состояний у людей, создавая проблемы работникам отделений реанимации. Ингибирование ксантиноксидазы предотвращает не только чрезмерную пероксидацию мембранных структур, но и улучшает состояние оживленных животных [3].

Снижение эффективности ферментов антирадикальной защиты

Степень липопероксидации мембранных структур зависит не только от интенсивности генерации КсО активных форм кислорода, но и эффективности их инактивации. Супероксидный радикал превращается в перекись водорода супероксиддисмутазой (СОД). Перекись водорода расщепляется каталазой. Торможение активности СОД и каталазы, отмеченное нами в первые минуты после оживления [3], является одной из причин высокой чувствительности клеток в этот период к повреждению. В инактивации свободнорадикальных форм кислорода участвуют и антиоксиданты: токоферол, глутатион, аскорбат и др. Снижение антиоксидантной активности липидов в мозге и печени также отмечено нами в первые минуты после оживления. Это явление предотвращается ингибированием КсО [3]. Продолжающаяся продукция активных форм кислорода приводит на более поздних этапах постреанимационного периода к активации СОД и каталазы [3].

Торможение функций антиперекисной защиты

Снижение эффективности системы антирадикальной защиты приводит к увеличению в тканях уровня гидроперекисей липидов. Повреждающий эффект последних во многом зависит от эффективности реакций их инактивации, катализируемых глутатионпероксидазой и глутатион-S-трансферазой. Донатором ионов водорода в данных реакциях является глутатион, трипептид, состоящий из радикалов глутамата, цистеина и глицина. Образующийся в результате вышеуказанных реакций глутатиондисульфид непрерывно восстанавливается глутатионредуктазой в глутатион, используя в качестве донатора ионов водорода НАДФ·Н₂, генерируемый в реакциях пентозного цикла. Глутатионпероксидаза и

глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа также весьма чувствительны к гипоксическому повреждению. Активность их в мозге и печени в первые минуты после оживления снижается, а в дальнейшем возрастает [3]. Это свидетельствует о продолжающейся генерации гидроперекисей липидов.

Развитие дефицита глутатиона

Интенсификация глутатионпероксидазной реакции опряжена с усиленным расходом глутатиона. Несмотря на интенсификацию восстановления глутатиондисульфидов в результате глутатионредуктазной и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназной реакций [3] и усиление его биосинтеза de novo, в первые сутки постреанимационного периода развивается дефицит глутатиона, снижающий эффективность антиперекисной защиты. Это может быть связано как с недостаточно эффективной функцией пентозного цикла, так и с дефицитом аминокислот - предшественников глутатиона, в частности цистеина, глутамата и глицина. Восполнение недостатка глутатиона введением экзогенного его препарата не только уменьшает постреанимационные метаболические нарушения, но и летальность оживленных животных [3].

ОСТРОЕ НАРУШЕНИЕ МЕТАБОЛИЗМА ПУРИНОВ В КЛИНИКЕ

Разработанная при проведении вышеуказанных исследований методология и методические приемы используются при изучении патогенеза пневмопатий у недоношенных новорожденных детей, бронхиальной астмы, бронхитов, пневмоний у детей, гестоза, диабетической и уратной нефропатии, послеродового эндо-метрита, перитонита после кесарева сечения, воспалений придатков матки, железодефицитных анемий у родильниц, панкреатита, панкреатонекроза, гнойно-септических состояний, вирусных гепатитов и других заболеваний. Результаты этих исследований послужили основой для разработки новых патогенетически обоснованных методов диагностики, оценки тяжести, прогнозирования течения, профилактики и лечения данных заболеваний.

В процессе развития острого нарушения пуринового обмена наступает интеграция систем, существующих в физиологических условиях автономно: аденилатдезаминазной, 5'-нуклеотидазной, аденозиндезаминазной и ксантиноксидазной. Снижение генерации АТФ тормозит реутилизацию инозинмонофосфата и аденозина, и эти вещества катаболизируются системами, предназначенными для инактивации экзогенных биологически активных веществ, поступающих с пищей. Это приводит к увеличению в тканях гипоксантина до уровня, вызывающего конверсию ксантиндегидрогеназы в ксантиноксидазу с последующим усилением генерации активных форм кислорода, снижением эффективности антиоксидантной

системы . развитием чрезмерной липопероксидации мембранных структур в клетках ряда жизненно важных органов с последующим нарушением их функции.

Настоящая работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований , грант № 97-04- 49888.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берн Р.М., Рубио Р. Метаболизм адениновых нуклеотидов в сердце// Метаболизм миокарда.-М., 1975.-С.224-248.
2. Киреев М.М., Конвай В.Д. Нуклеотидный фонд головного мозга в различные периоды умирания организма// Вопр.мед.химии .-1978.- №5.-С.629.
3. Конвай В.Д. Нарушение пуринового обмена в печени в

постреанимационном периоде и его профилактика: Дис. д-ра мед.наук. - Омск. 1988.-426 с.

4. Уайт А., Хендлер Ф., Смит Э. Основы биохимии.-М., 1980.- 1880 с.
5. Buhl M.R. Purine metabolism in ischemic kidney tissue // Dann. med. bull.- 1982.- V.29, №1.- P.1-26.
6. Meister A. Anderson M.E. Glutathione // Annu. rev. biochem.- 1983.- V.52.- P.711.
7. Sulfhydryl oxidase-catalyzed conversion of xanthine dehydrogenase to xanthine oxidase /D.A.Clare, A.Blakistone, H.Swaisgood et. al. //Arch. biochem biophys.- 1981.- V.211.- P.44-47.
8. Wainer M., Harkness R.H. Distribution of xanthine dehydrogenase and xanthine oxidase activities in human and rabbit tissues// Biochem. biophys. acta.- 1989.- V.991.- P.79-84.

УДК 618.146 - 002.446

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ГИНЕКОЛОГИИ: ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ВРАЧЕБНАЯ ТАКТИКА ПРИ ПСЕВДОЭРОЗИИ ШЕЙКИ МАТКИ

Е.Б.Рудакова

Омская государственная медицинская академия

The results of epidemiological and clinico-laboratory investigation are presented in this article. These results supplement information about etiology and pathogenesis of cervix uteri pseudoerosion and make it possible to work out clinical classification of this process and medical tactics. The cervix uteri pseudoerosion is presented as polyetiological process. The uncomplicated pseudoerosion form is regarded as physiological process, which is not demanded of a treatment. Complicated one - as pathological process, which is demanded carrying out medical measures.

Псевдоэрозия шейки матки занимает одно из первых мест в структуре гинекологической заболеваемости. имеет склонность к затяжному течению, нередко рецидивирует и при неблагоприятных результатах лечения может привести к нарушению репродуктивной и менструальной функции у женщин [2,4]. Встречаясь преимущественно у женщин молодого возраста, псевдоэрозия в 3,6 - 9 % случаев ведет к возникновению рака шейки матки[5]. Средний возраст больных преинвазивной карциномой составляет 35 лет, а количество больных с этой формой рака у женщин до 40 лет за последние 10 лет увеличилось на 35 % [8,12]. Отмечается резкое возрастание заболеваемости раком шейки матки у женщин до 30 лет [13]. В этой связи проблема псевдоэрозии имеет не только медицинское, но и социальное значение.

Несмотря на более чем 100-летнее исследование псевдоэрозии шейки матки, в данной проблеме не уточнены до настоящего времени основные этиологические механизмы, наиболее значимые факторы риска развития псевдоэрозии, предраковых процессов на ее фоне, нет клинической классификации, которая бы определяла врачебную тактику.

Изучению этих вопросов посвящена наша работа. Проведены эпидемиологические и клиничко-лабораторные исследования. В эпидемиологическом разделе работы использованы данные профилактических гинекологических осмотров 6885 женщин - жительниц г.Омска. Кроме того, статистическому осмотру были подвергнуты 3287 медицинских карт пациенток женской консультации "Брак и семья" и 116 медицинских карт больных раком шейки матки областного онкологического диспансера. Карты были обработаны на ПЭВМ типа IBM PC 486.

С помощью критерия соответствия χ^2 определены признаки, достоверно влияющие на развитие псевдоэрозии. Для выявления силы влияния каждого из этих факторов был использован дисперсный анализ.

Комплексное клиничко-лабораторное обследование проведено у 424 женщин в возрасте от 15 до 50 лет с псевдо-эрозией шейки матки, находившихся под наблюдением в условиях городского специализированного приема по патологии шейки матки в женской консультации ГБ № 1 г. Омска с 1984 по 1993 г. Контрольную группу составили 62 соматически здоровые женщины того же

возрастного периода с неизменной шейкой матки.

В работе использованы следующие методы диагностики: общеклиническое и гинекологическое обследование, простая и расширенная кольпоскопия с тщательным изучением характера сосудистого рисунка, гистеро- и цервикоскопия, цитологическое исследование мазков-отпечатков шейки матки, прицельная биопсия шейки матки с последующим гистологическим, электронно-микроскопическим, иммуногистохимическим (определение Ig A-, Ig G-, Ig M- продуцирующих плазмоцитов, sIgA, T-хелперов, T-супрессоров, экспрессии HLA/DR - антигенов) и радио-автографическим исследованием с применением в качестве меченых предшественников ДНК и РНК ³H-тимидина и ³H-уридина; изучение микробиоценоза влагалища с проведением бактерио-скопического и бактериологического исследования, с определением pH содержимого влагалища и шейки матки и исследованием на хламидийную (метод флуоресцирующих антител - МФА, цитологический метод, серологический метод - РСК) и вирусную (цитологический метод, световая и электронная микроскопия) инфекции; иммунологическое исследование с оценкой состояния гуморального, клеточного и местного иммунитета (определение содержания в периферической крови Ig A, Ig G, Ig M, T-, B-, О-лимфоцитов, а также определение содержания Ig A, sIg A, Ig M, Ig G в цервикальной слизи); изучение функциональной активности гипоталамо-гипофизарно-яичниковой системы на основании данных базальной температуры, кольпоцитологического и эндокринологического исследований (определение содержания ФСГ, ЛГ, Прл, эстрадиола, прогестерона и тестостерона в крови радиоиммунологическим методом).

Проведенными статистическими исследованиями установлено, что псевдоэрозия шейки матки встречается у 38,8⁰ ± 0,6 % женщин, в том числе у 49,2 ± 1,1 % гинекологических больных. Наиболее часто псевдоэрозия выявляется у женщин в возрасте до 25 лет - в 54,2 ± 1,6 % случаев. У женщин в возрасте от 26 до 35 лет псевдоэрозия определяется в 30,7 ± 1,5 % случаев, у женщин в возрасте от 36 до 45 лет - 10,0 ± 1,0 % случаев, старше 45 лет - 5,2 ± 2,2 % случаев. В структуре фоновых процессов шейки матки псевдоэрозия занимает ведущее место и встречается в 81,4 ± 1,2 % случаев. Анализ факторов риска позволяет рассматривать псевдоэрозию как полиэтиологичный процесс. Ведущими по силе влияния факторами риска возникновения псевдоэрозии являются факторы, связанные с гормональным фоном и генитальной инфекцией: нарушения менструального цикла (сила влияния - 11,0 %), наличие в анамнезе аборт (сила влияния - 10,0 %), частые половые контакты при беспорядочной половой жизни (сила влияния - 11,1 %), наличие в анамнезе воспалительных процессов шейки матки и влагалища (сила влияния - 11,0 %). Однако нельзя исключить и влияние других факторов: наличие псевдоэрозии у родственников (сила влияния - 5,4 %), наличие перенесенных в детстве вирусных заболеваний (сила влияния - 8,0 %); наличие травм шейки матки (сила влияния - 7,4 %), наличие хронических экстрагенитальных заболеваний (сила влияния - 8,5 %) и

др. Особо следует отметить, что 44,4 ± 4,2 % (8 из 18) факторов риска: раннее начало половой жизни, частые половые контакты при беспорядочной половой жизни, большое количество половых партнеров, хорошо выраженное либидо, применение химических и механических контрацептивов, отсутствие предохранения от беременности - связаны с культурой сексуальной жизни и контрацепцией, а потому являются социально управляемыми.

Клинико-лабораторное исследование, проведенное у 424 пациенток с псевдоэрозией, позволило дополнить данные об этиологии и патогенезе псевдоэрозии шейки матки, разработать клиническую классификацию этого процесса, выявить причины, осложняющие его течение, установить факторы риска развития предракового процесса шейки матки при псевдоэрозии, а также обосновать врачебную тактику при псевдоэрозии шейки матки.

Детальный анализ полученных клинических и лабораторных результатов исследования выявил разнообразие проявлений псевдоэрозии, которое было квалифицировано двумя макромикроскопическими вариантами (эктопия, эктропион), тремя клинико-лабораторными видами (врожденная, приобретенная, рецидивирующая) и двумя клиническими формами (осложненная, неосложненная), что отражено в предложенной клинической классификации.

Установлено, что псевдоэрозия преимущественно встречается в варианте эктопии (в 92,0 ± 4,1 % случаев), в варианте эктропиона псевдоэрозия определяется лишь у 8,0 ± 4,1 % пациенток.

Выявленные три вида псевдоэрозии: врожденная, приобретенная и рецидивирующая - отличаются друг от друга временем возникновения по отношению к началу половой жизни, кольпоскопической и гистологической формой, степенью инфицированности и выраженности воспалительной реакции шейки матки и влагалища, состоянием иммунной системы, функциональной активностью яичников и связью с предшествующим лечением.

Врожденная псевдоэрозия встречается у 11,3 ± 1,5 % пациенток и выявляется при первом осмотре гинеколога после начала половой жизни. Приобретенная псевдоэрозия встречается у 65,6 ± 2,3 % пациенток и возникает на фоне имеющейся в анамнезе здоровой шейки матки. Рецидивирующая псевдоэрозия встречается у 23,1 ± 2,0 % пациенток и возникает после лечения шейки матки по поводу псевдоэрозии. Неосложненная форма псевдоэрозии - это форма, при которой псевдоэрозия не сочетается с нарушением архитектоники шейки, другими ее фоновыми и предраковыми процессами и сопутствующим воспалительным процессом шейки матки и влагалища. У 4,7 ± 4,1 % пациенток неосложненную форму псевдоэрозии можно расценить как функциональное состояние организма (II фаза пубертатного периода, беременность), а у 38,7 ± 5,6 % - как результат снижения функциональной активности яичников с нарушением менструальной функции. Эта

форма псевдоэрозии не приводит к нарушению состояния и функции женской половой системы и встречается в $17,7 \pm 1,8$ % случаев.

Осложненная - это форма псевдоэрозии на фоне нарушения архитектоники шейки матки, в сочетании с другими ее фоновыми процессами и (или) сопутствующим воспалительным процессом шейки матки и влагалища.

Осложненная форма псевдоэрозии встречается в $82,3 \pm 1,8$ % случаев и приводит к нарушению состояния и функций женской половой системы.

Результаты исследований не позволяют выявить какую-либо одну ведущую причину возникновения псевдоэрозии шейки матки, но указывают на группу причин, что подтверждает мнение В.Н.Прилепской с соавт. [13 - 15] о полиэтиологичности фоновых процессов шейки матки, в том числе и псевдоэрозии, и дает возможность объединить в единую полиэтиологичную теорию существующие теории происхождения псевдоэрозии: гормональную, инфекционную, травматическую, иммунологическую и др. [10, 16, 17, 19].

Выявленные упомянутые выше факторы риска возникновения псевдоэрозии можно разделить по этиологическому принципу на пять групп, которые, видимо, следует рассматривать как причинные:

- наличие псевдоэрозии у родственников,
- механическое и химическое воздействие на шейку матки,
- изменение гормонального гомеостаза,
- инфекция,
- изменение общего состояния организма с возможным нарушением иммунного гомеостаза.

К факторам, поддерживающим персистенцию эктопических структур на влагалищной части шейки матки предположительно можно отнести гипофункцию яичников (относительная гиперэстрогения во II фазу цикла), частично компенсированный метаболический алкалоз цервикальной слизи, изменения иммунного гомеостаза (стимуляция местного иммунитета, дисбаланс клеточного и гуморального иммунитета), генитальную инфекцию, нарушение эпителиально-стромальных взаимоотношений (на фоне стромального и периваскулярного склероза и нарушенной микроциркуляции).

Можно предположить, что независимо от характера действующего фактора ответ слизистой оболочки шейки матки отличается однонаправленностью и выражается в локальном или по всей окружности цервикального канала смещении границы между многослойным плоским и эндоцервикальным эпителием в сторону влагалищной части шейки матки. Эта мысль косвенно подтверждается тем, что по полученным данным кольпоскопические и гистологические картины псевдоэрозии у пациенток от пубертатного до пременопаузального возраста отражают возрастную подвижку границы между многослойным плоским и эндоцервикальным эпителием в сторону цервикального канала.

Другими словами, внешний или внутренний фактор прямо или опосредованно действует на резервные клетки эпителиального пласта шейки матки, направляя их диф-

ференцировку не в сторону обновления клеточной популяции многослойного плоского эпителия, как это происходит в норме, а в сторону формирования эктопических структур, постоянно поддерживая именно такое направление в течение процесса репаративной регенерации в очаге псевдоэрозии.

Рассматривая онкологические аспекты псевдоэрозии, необходимо подчеркнуть, что несмотря на действие патологических механизмов резервные клетки полностью не утрачивают свою способность к процессу не прямой метаплазии, который складывается из их пролиферации с развитием незрелой плоскоклеточной метаплазии, а при последующей дифференцировке клеток - к зрелой плоскоклеточной метаплазии. Многие исследователи показали, что факторами сбоя репарации в процессе существования псевдоэрозии могут быть инфекция и нарушение эпителиально-стромальных взаимоотношений [1, 3, 6, 9, 11].

Результаты проведенных исследований подтверждают это. Определено, что в $93,8 \pm 6,0$ % случаев дисплазия на фоне псевдоэрозии связана с воспалительными процессами шейки матки и влагалища и нарушением архитектоники шейки. Установлено повышение уровня пролиферативного потенциала эпителиального пласта (определяемого индексом метки ^3H -тимидином) при сочетании псевдоэрозии с сексуально-трансмиссивными инфекциями, особенно хламидийной и вирусной (герпетической и папилломавирусной), а также наличие стромального и периваскулярного склероза при воспалении шейки матки и нарушении микроциркуляции при измененной ее архитектонике.

Предполагается наличие трех путей нарушения дифференцировки эпителия в процессе эпидермизации зоны псевдоэрозии. Первый путь связан с внедрением вируса в клетку и реализацией закодированной в его геноме информации по схеме репликация ДНК - транскрипция ДНК в информационную РНК - транскрипция ДНК в белок, что приводит к усиленному синтезу клеткой - хозяином РНК и ДНК и активному захвату их радиоактивных предшественников. Об этом свидетельствует чрезвычайно высокий индекс метки ^3H -тимидином клеток базального слоя у больных герпетической и папиллома-вирусной инфекцией, в то время как базальные клетки неизменной слизистой оболочки ^3H -тимидин не включают, т. к. являются покоящейся популяцией клеток. Кроме того, отмеченное нами повышение проницаемости эпителиального пласта создает условия для пассажа инфекта (вирусов и хламидий) до уровня базальных клеток, при заражении которых происходит стимуляция синтеза клеточной ДНК. Иницированные таким образом покоящиеся клетки приобретают способность к делению, но синтез собственных белков в них подавлен, следовательно, дифференцировка (созревание) не наступает. Такие клетки, достигнув границы 2-3 ряда промежуточного слоя, подвергаются альтерации, нарушая этим динамику клеточного обновления эпителиального пласта (дисплазия), что происходит при вирусной и хламидийной инфекции.

Второй возможный путь реализуется при заражении другими микроорганизмами (трихомонады, дрожжевые

грибки и др.), вызывающими значительную альтерацию поверхностных отделов эпителия и компенсаторное ускорение пролиферативных процессов в ущерб процессам дифференцировки, приводя к формированию дисплазии. Поэтому можно предположить, что персистенция инфекта может усугублять нарушения регенерации с развитием тяжелой формы дисплазии и рака.

Третий путь нарушения дифференцировки эпителия при псевдоэрозии шейки матки связан, вероятно, с изменениями эпителиально-стромальных взаимоотношений вследствие воспаления шейки матки и нарушения микроциркуляции при наличии рубцовых деформаций.

Изложенные выше представления об этиологии и патогенезе псевдоэрозии шейки матки предполагают неоднозначный подход к различным клинико-лабораторным видам и клиническим формам псевдоэрозии. Неосложненную форму псевдоэрозии, связанную с функциональным состоянием организма (II фаза пубертатного периода, беременность), можно рассматривать как вариант нормы. Остальные случаи неосложненной формы псевдоэрозии, по-видимому, являются результатом ответа (реакцией) слизистой оболочки шейки матки на воздействие различных внешних и внутренних факторов и не могут рассматриваться как патологический процесс, т. к. не приводят к нарушению состояния и функции женской половой системы. Исключение составляет неосложненная форма рецидивирующей псевдоэрозии, которая, как и осложненные формы псевдоэрозии, приводящие к нарушению состояния и функций женской половой системы, должна рассматриваться в качестве патологического процесса. Такой взгляд на псевдоэрозию требует дифференцированной врачебной тактики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альштейн А.Д. Механизм трансформирующего действия опухолевидных вирусов на клетку // Опухолевый рост как проблема биологии развития. - М., 1979. - С. 5-25.
2. Бодяжина В.И. Псевдоэрозия влажной части шейки матки // Акушерство и гинекология. - 1976. - № 9. - С. 68-71.
3. Быков Э.Г., Юшина В.И., Козаченко В.П. Состояние стромы при дисплазии и внутриэпителиальном раке шейки матки // Акушерство и гинекология. - 1979. - № 12. - С. 19-21.
4. Василевская Л.Н., Винокур М.Л., Никитина Н.И. Предраковые заболевания и начальные формы рака шейки матки. - М.: Медицина, 1987. - 160 с.
5. Ганина К.П., Коханевич Е.В., Мельник А.Н. Диагностика предопухолевых и опухолевых процессов шейки матки. - Киев: Наук. думка, 1984. - 180 с.
6. Гаршин В.Г. Воспалительные разрастания эпителия, их биологическое значение и отношение к проблеме рака. - М.-Л., 1939. - 129 с.
7. Исакова Л.М. Цитологическая и морфологическая характеристика папилломавирусной инфекции человека при патологии шейки матки // Архив патологии. - 1991. - № 1. - С.75-79.
8. Козаченко В.П. Рак матки. - М.: Медицина, 1983. - 156 с.
9. Кононов А.В. Местный иммунитет и регенерация слизистых оболочек при хроническом воспалении. - Омск, 1993. - 278 с.
10. Куперт А.Ф., Солодун Ю.В. Об аутоиммунном компоненте патогенеза псевдоэрозии шейки матки // Акушерство и гинекология. - 1988. - № 8. - С.62-64.
11. Манухин И.Б., Минкина Г.Н. Иммунные и микробиологические аспекты заболевания шейки матки // Вестн. Росс. Асс. акушеров-гинекологов. - 1994. - № 1. - С.38-42.
12. Новикова Е.Г., Антошечкина М.А. Репродуктивная функция после органосохраняющего лечения ранней онкологической патологии шейки матки // Акушерство и гинекология. - 1994. - № 2. - С. 44-46.
13. Прилепская В.Н., Костава М.Н., Назарова Н.М. Лечение фоновых заболеваний шейки матки у молодых нерожавших женщин // Акушерство и гинекология. - 1992. - № 8-12. - С. 53-56.
14. Прилепская В.Н., Новикова М.Ю., Ежова Л.С. Диагностика и лечение лейкоплакии шейки матки // Акушерство и гинекология. - 1995. - № 1. - С. 54-57.
15. Прилепская В.Н., Фокина Т.С. Фоновые заболевания шейки матки: патогенез, диагностика, лечение // Акушерство и гинекология. - 1990. - № 6. - С. 3-7.
16. Серебров А.И. Эрозии шейки матки, их рациональное лечение // Акушерство и гинекология. - 1951. - № 6. - С. 6-11.
17. Серебров А.И. Рак матки. - 2-е изд., доп. - Л.: Медицина, 1968. - 326 с.
18. Яковлева И.А. Очерки патоморфологии шейки матки. - Кишинев: Изд-во Картя молдовеняскэ, 1969. - 162 с.
19. Meyer R. Zur genese und bedeutung der pseudoerosio congenita et acquisita portionis uteri, zugleich ein Beitrag zur Entwicklung und Pathologie der Portio // Zentralbl. Gynak, 1911. - Bd. 35, h. 3.-S.76-80.

УДК616-032:577.4

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕДИЦИНСКОЙ ЭКОЛОГИИ

В. В. Далматов

Омская государственная медицинская академия

The author gives definition of medical ecology, its aims, problems and structure. Significance of epidemiology on the studying interaction human being – environment at a population level.

В последнем издании Большой медицинской энциклопедии (М., 1986) проводится лишь общая характеристика экологии как науки о закономерностях формирования и функционирования биологических систем и их взаимодействии с окружающей средой. При этом обращается внимание на многообразие, чрезвычайно широкий спектр и характер экологических исследований. В то же время в этом издании отсутствует даже упоминание о таком понятии, как медицинская экология. Не находим мы его и в другом издании - "Энциклопедическом словаре медицинских терминов" (М., 1984.) Здесь на с.303 дается лишь определение экологии человека – науки, изучающей общие закономерности взаимоотношений природы и человека и разрабатывающей мероприятия, направленные на оптимизацию их взаимодействия. Все это свидетельствует о том, что медицинская экология как самостоятельная область знаний сформировалась в течение последнего десятилетия и заняла прочное положение в системе медицинских наук.

Медицинская экология изучает те аспекты взаимоотношений популяции людей и среды ее обитания, которые определяют качество общественного здоровья. Также определение верно для популяционного уровня взаимодействия, хотя последствия этого взаимодействия могут (и должны) изучаться на всех уровнях организации жизни (субклеточном, клеточном, органном, организменном). Это обстоятельство тесно интегрирует медицинскую экологию со всеми медицинскими науками, дифференцировавшимися по субстратному (науки, изучающие конкретную частную патологию) и функциональному признаку (науки, изучающие любую патологию на основе универсальных методов), и характеризует ее как междисциплинарную область знаний в рамках медицинской науки. Порой даже в научной литературе встречается упрощенное, неверное представление об экологии как среде обитания. Встречаются такие выражения, как плохая экология или необходимость улучшения экологии. Главное содержание медицинского экологического исследования состоит не в общей характеристике среды обитания, а в характеристике ее конкретных элементов (или их совокупности), влияющих на здоровье людей (в позитивном или негативном смысле), в изучении механизма этого влияния и его последствий. Таким образом, предметной областью медицинской экологии является процесс взаимодействия факторов среды (болезнетворных или saniрующих) с популяцией людей. В этом процессе следует выделить три основных компонента: факторы среды

(болезнетворные, этиологические), механизм воздействия этиологических факторов на популяцию людей (население), проявление (результат) воздействия этиологических факторов на популяцию, выражающееся в изменениях состояния общественного здоровья, прежде всего в заболеваемости и ее последствиях (временная нетрудоспособность, инвалидизация, смертность).

С позиций человеческой популяции окружающая среда включает огромный спектр компонентов, поддерживающих ее жизнедеятельность: воздух, вода, пища, климат, пространство, социальная и духовная сферы. Состояние только этих основных компонентов среды определяет в значительной степени качество здоровья населения. Целый ряд экономических факторов выполняет роль основной причины возникновения заболеваний населения, другие могут рассматриваться как необходимое условие. Причинные факторы определяют нозологическую специфичность вызываемых болезней, в то время как условия влияют на интенсивность заболеваемости. Такая дифференциация экологических факторов в медицинской экологии имеет прикладной характер при формировании тактики профилактических мероприятий (воздействие на основную причину и условия). В руководстве "Основы эпидемиологии" (ВОЗ, Женева, 1994) приводится классификация, включающая пять групп экологических факторов, влияющих на здоровье людей:

- биологические: патогенные микроорганизмы, простейшие, гельминты и насекомые, ядовитые растения и др.;
- физические: шум, климат, рабочая нагрузка, освещение, радиация;
- химические: химикаты, пыль, лекарства, табак, пищевые добавки, выбросы промышленных предприятий, автотранспорта, алкоголь, наркотики и др.;
- психологические: стресс, человеческие взаимоотношения и др.;
- несчастные случаи, экстремальные ситуации, скорость, техника безопасности.

Несколько в ином ракурсе факторы среды рассматриваются В. Ендриховским (1980), однако его классификация касается всех (не только экологических) факторов, формирующих патологию людей, причем подчеркивается тесная их взаимосвязь.

Это факторы среды обитания: климат, вода, пища, условия быта, радиация, шум, загрязнение атмосферного воздуха; патогенные факторы: биологические, химические, физические; факторы хозяина: пол, возраст, раса, наследственность, обычаи, профессия, перенесенные

заболевания, восприимчивость и др.

По своей сути представленная классификация включает тот же набор экологических факторов, однако он подчеркивает их преломление через факторы "хозяина" в процессе взаимодействия. Признается, что популяция хозяина (людей) неодинакова (гетерогенна) по перечисленным признакам. Можно привести исследования, предлагающие иную группировку факторов, вызывающих патологию людей, однако все они отдают приоритет в формировании заболеваемости населения экологическим факторам.

Механизмы воздействия экологических факторов на здоровье людей многообразны и специфичны. Это воздействие реализуется на субклеточном, клеточном, органном, организменном и популяционном уровнях и изучается медицинскими науками, функционирующими на соответствующих уровнях. Эпидемиология занимается изучением этих механизмов на популяционном уровне исходя из следующей парадигмы: формирование патологии (заболеваемости) есть следствие взаимодействия неоднородной по степени предрасположенности к заболеваниям популяции людей с неоднородными по характеру и силе воздействия неблагоприятными факторами внешней среды обитания, проявляющимися инаппарантными (скрытыми) и манифестными (клинически выраженными) формами заболеваний.

К настоящему времени довольно глубоко изучены механизмы воздействия различных экологических факторов, роль которых в возникновении патологии значительна (патогенные микроорганизмы, радиация, дефицит йода, фтора, витаминов и др.). Кроме того, предпринимаются попытки разработать общие универсальные концепции изучения механизмов взаимодействия на количественной основе. Особенно важным становится такое понятие, как "воздействие дозы", которое имеет два аспекта: уровень и экспозицию. Одни факторы вызывают последствия через короткий отрезок времени или сразу после воздействия. В этом случае текущий уровень воздействия является достаточным критерием оценки значимости фактора. Однако многие экологические факторы дают видимые проявления патологии после длительного инкубационного периода от начала воздействия. Это относится к патогенным микроорганизмам, ряду химических веществ, которые накапливаются в организме (например, кадмий) и другим факторам, имеющим кумулятивный эффект (радиация, шум и др.). Для этих факторов ретроспективные уровни воздействия и время экспозиции более важны, чем уровень воздействия в момент измерения. Поэтому в данном случае необходимо измерение общей дозы, которая чаще всего определяется произведением уровня и экспозиции. Существует много способов и единиц измерения совокупной дозы и количественного выражения силы связи между экологическим фактором и состоянием здоровья населения (заболеваемость, смертность и др.). Суть эпидемиологического исследования всегда состоит в определении причинно-следственной связи.

Изучение уровня воздействия и дозы химических факторов возможно путем мониторинговых определений

концентраций этих веществ в пробах биологических жидкостей в наблюдаемой популяции. Чаще всего для этих целей используются сыворотка крови и моча. Однако при необходимости анализу может подвергаться другой биологический материал: волосы, ногти, испражнения, грудное молоко, биоптаты кости, жира, легких, печени и почек. Естественно, оценка материалов подобных мониторинговых исследований должна основываться на глубоких знаниях кинетики и метаболизма изучаемых химических веществ, информации об абсорбции, транспортировке, накоплении и выведении их из организма.

Как уже было отмечено выше, взаимодействие популяции людей с разнообразными по характеру и силе экологическими факторами проявляется заболеваемостью (инаппарантной и манифестной). Обычно чем больше доза, тем тяжелее последствия взаимодействия. Эта связь между величиной дозы и тяжестью последствий называется "доза-эффект". Ее можно установить для отдельного человека или группы людей. Учитывая различную степень восприимчивости (чувствительности) людей, доза-эффект индивида может существенно отличаться от показателя группы. Определение дозы-эффекта всегда дает ценную информацию, особенно для создания "стандартов безопасности", предельно-допустимых концентраций, разработки технологий, проектов и системы профилактики.

Изучение заболеваемости населения как следствия взаимодействия популяции людей с факторами среды обитания является основной задачей эпидемиологии. Заболеваемость – это предметная область эпидемиологии. Самостоятельность, специфика и цели любой науки определяются не только предметом, но и методом. Суть эпидемиологического метода заключается в установлении причинно-следственных связей между заболеваемостью (здоровьем) населения и факторами среды. Выявлением аналогичных связей также занимается и другая медицинская дисциплина – гигиена. В то же время методические подходы эпидемиологии и гигиены существенно различаются.

Гигиенический подход заключается в изучении патогенного воздействия на организм (популяцию) конкретных факторов среды, разработке "стандартов безопасности" и контроле за их выполнением различными ведомствами. Такой подход приводит к заметному снижению совокупной заболеваемости населения.

Эпидемиологический подход предусматривает изучение инфекционной и неинфекционной заболеваемости (как следствие взаимодействия) в трех направлениях: по территории, группам населения, во времени. Определение альтернативных по уровню заболеваемости территорий, групп населения и временных отрезков позволяет выявить территории, группы и время риска, а затем сформулировать и доказать гипотезы о причинных факторах среды (факторах риска). Такой подход дает возможность определить ведущие проблемы здравоохранения, содержание системы профилактики, а также место (где и среди кого) и время (когда) ее реализации. Гигиенический и эпидемиологический подходы имеют различный вектор исследования (гигиенический – от причины к следствию,

эпидемиологический – от следствия к причине) и выгодно дополняют друг друга. В последнее время совокупность этих двух подходов в перманентном варианте стали обозначать термином санитарно – эпидемиологический надзор. Следует отметить, что в официальных документах это понятие чаще используется применительно к инфекционной заболеваемости. Аналогичную деятельность по отношению к неинфекционным болезням в официальных бумагах МЗ РФ именуют термином социально-гигиенический мониторинг. Безусловно, он не соответствует содержанию той деятельности, которая осуществляется в его рамках. Прежде всего не предполагает изучение природных и биологических факторов среды (только социальных), не учитывает использования эпидемиологических подходов. Следует еще раз подчеркнуть, что проблема сводится лишь к терминологическим погрешностям, а содержание деятельности (информационно-аналитической) в том и другом случаях совершенно идентично.

В настоящее время эта форма деятельности имеет законодательную основу. В частности, в Законе РФ “О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения РФ” в обязанности санитарно-эпидемиологической службы вменяется деятельность по организации и проведению мониторинга здоровья (заболеваемость населения в связи с факторами среды обитания). Разработаны оригинальные подходы для выявления причинных факторов среды. Прежде всего следует выделить систему информационно-аналитической деятельности, получившую название медико-экологического районирования (Беляков В.Д.), где в единой оценке осуществляется мониторинг здоровья и факторов среды обитания. Однако на уровне практического здравоохранения эти системы еще не работают. Это связано с тем, что отечественное здравоохранение (особенно в последние годы) не ориентировано на

профилактику как приоритетную сферу деятельности.

Анализируя связь медицинской экологии и эпидемиологии, следует упомянуть еще один важный раздел, в котором интеграция этих дисциплин выражена еще более четко. Имеется в виду раздел медицинской экологии, который изучает паразитарные системы и называется микро-экологией. Под паразитарными системами понимаются популяции патогенных и непатогенных паразитарных микроорганизмов во взаимодействии со средой обитания (Беляков В.Д., 1987). Это биологическая саморегулирующаяся система, где в качестве среды обитания выступает популяция людей (резервуар) или организм одного человека (хозяин). Эпидемиология рассматривает популяционный уровень этого взаимодействия, раскрывающий механизм развития инфекционной заболеваемости.

Таким образом, нами представлена тесная интеграция медицинской экологии и эпидемиологии, их общая цель, задачи, методологические основы решения проблем здравоохранения. Это обстоятельство должно стать основой разработки единых концепций управления здоровьем населения, адекватных комплексных систем и перестройки сложившейся структуры медицинского экологического образования и воспитания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большая медицинская энциклопедия. -М.,1986.
2. Энциклопедический словарь медицинских терминов.- М., 1984.
3. Основы эпидемиологии. ВОЗ. -Женева, 1994.
4. Беляков В. Д. Региональные проблемы здоровья населения России. -М., 1993.

А.А. Гладенко, Е.А. Бабенко

Омский государственный технический университет

On this article it is shown the possibility of adapting the method of temperature cooling in different fields of medicine and it's advantage. One of cryosurgeon apparatus and it's possibility in treating practice is given here.

Низкотемпературное охлаждение биологических тканей с лечебной целью нашло широкое применение в различных областях медицины, дополняя традиционные и общепринятые методы. Более того, криогенная техника замораживания патологически измененных тканей часто позволяет избежать сложного операционного вмешательства с разрушением целостности органа, провести операцию в щадящем режиме с высокой лечебной эффективностью, а в ряде случаев является единственно возможным способом оказания медицинской помощи.

Особую актуальность приобретает метод охлаждения жидким азотом внутренних органов, обладающих большой массой и тепловыделениями. Он может также использоваться при лечении в стоматологии, гинекологии, оториноларингологии, дерматологии, нейрохирургии, так как позволяет более равномерно и на большей площади получить необходимые температурные параметры.

Такое широкое применение криовоздействия обусловлено преимуществами этого метода перед другими, так как при его использовании:

- полностью разрушается заданный объем патологической ткани как на ее поверхности, так и в глубине практически любого органа;
- лечение протекает безболезненно и бескровно;
- зона некроза почти совпадает с зоной замораживания;
- можно лечиться амбулаторно, что обеспечивает значительную экономическую эффективность.

При всех преимуществах криохирургический метод имеет свои проблемы. Например, эффективность криовоздействия при онкологических заболеваниях в большей степени зависит от возможности криохирургической аппаратуры отводить от тканей теплоту, которая меняется в различных участках организма и достигает $1 - 30 \text{ Вт/см}^2$.

Чтобы отводить такое количество теплоты, требуется криохирургическая аппаратура с высокими значениями холодопроизводительности. Для достижения наибольшего объема разрушаемой ткани очень важное значение имеет конструкция и эффективность крионаконечника. Весьма актуальным остается организация процесса хладагента в камере крионаконечника, поскольку это открывает большие возможности к осуществлению регулирования границ

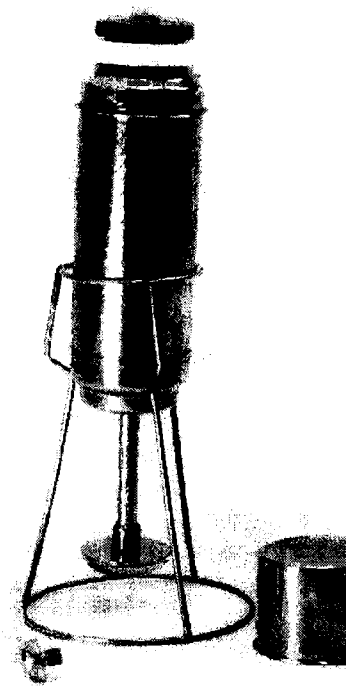


Рис.1. Криохирургический аппарат

крионекроза биологических тканей и органов человека и позволит в значительной мере уменьшить травматизацию здоровых тканей, повысить радикальность хирургического вмешательства. Нами были разработаны и изготовлены несколько типов криохирургического оборудования, обеспечивающего эффективный теплообмен между теплоносителями и тканью [1,2.]

На рис. 1 представлена одна из моделей компактного криохирургического оборудования, предназначенного для криовоздействия на патологически измененные ткани брюшной полости. Данный криохирургический аппарат позволяет разрушить любую опухоль различной конфигурации в строго ограниченных пределах, исключив рецидивы, и при этом не травмировать прилегающие сосуды, ткани и другие жизненно важные элементы органа. Удаление активного наконечника от корпуса придает ему большую мобильность в операционном поле, так как этот фактор

довольно часто играет весьма существенную роль в процессе криохирургического вмешательства.

Криохирургический аппарат позволяет получать на активном наконечнике температуры, очень близкие к температуре насыщения азота. Достигается это прежде всего за счет покрытия внутренней теплопередающей поверхности слоем сферических частиц (шариков), которые представляют одну из разновидностей пористой поверхности. Необходимо отметить, что оптимальных для всех областей тепловых потоков и режимов теплообмена не существует. С изменением режима теплообмена меняются оптимальные значения диаметра шаров насадки, ее плотности и числа рядов. Для интенсификации теплообмена при кипении азота на медной подложке при помощи свинцовых

1. Патент № 38799 (Российская Федерация). Аппарат криохирургический / А.А. Гладенко, А.Н. Марчихин, С.П. Амелин и др. 1993.
2. А.с. 1303151 СССР МКИ³ А61/3/7/36. Криохирургический наконечник / Е.А. Бабенко, А.А. Гладенко, В.А. Рудаков и др. // Открытия. Изобретения. - 1986. - № 35

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ И ЛОГИЧЕСКИХ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.Г. Юминов, А.А. Болотюк, В.И. Романько
ОАО "Омское машиностроительное конструкторское бюро"

This article summarizes Omsk machine design bureau experience in development of some types fibre optical sensors, incorporates short description, advantages and defects of sensors this type. Performing opportunities that kind of work in Omsk region are valued too.

Сенсоризация производственной деятельности, т.е. замена органов чувств человека датчиками, должна рассматриваться в качестве третьей промышленной революции вслед за первыми двумя: машинно-энергетической и информационно-компьютерной. Потребность в датчиках стремительно растет в связи с развитием гибких автоматизированных систем контроля и управления. Особый интерес представляют волоконно-оптические датчики (ВОД), которые отличаются высокой устойчивостью к действию электромагнитных помех, пожаро- и взрывозащищенностью, а также возможностью мультиплексирования информации в оптической форме. Это позволяет создавать на их основе электрически пассивные информационно-измерительные сети, имеющие меньшую массу, габариты и стоимость по сравнению с традиционными. В ОМКБ проводятся поисковые работы по созданию информационно-измерительной системы (ИИС) на базе волоконно-оптической техники (ВОТ) для системы автоматического управления (САУ) газотурбинных двигателей (ГТД), а также НИОКР по разработке комплекта унифицированных ВОД давления, температуры, частоты вращения, углового перемещения.

Оптоэлектроника и волоконная оптика начали интенсивно разрабатываться у нас в стране 10-15 лет назад. В то время развитие данных направлений в некоторых отношениях опережало мировой уровень. Например, были

получены первые положительные результаты в создании оптических вычислительных машин.

Наличие в г. Омске предприятий и коллективов, обладающих высоким научно-техническим потенциалом в области микроэлектроники, мощной производственной базой, позволило ОМКБ с участием ОНИИП, ЦКБА, Омского моторостроительного КБ и других организаций начать разработку, испытания и изготовление в регионе современных волоконно-оптических ИИС для оборонной и других отраслей промышленности.

В последние годы научно-исследовательские работы в области волоконно-оптической техники и оптоэлектроники резко сократились. Это вызывает серьезные опасения, что по данному направлению появится такое же безнадежное отставание от уровня развитых стран, как в областях вычислительной техники и микроэлектроники.

Наиболее простыми и распространенными в настоящее время следует признать амплитудные ВОД [1, 2]. Однако все они страдают существенным недостатком. Амплитуда (или мощность) оптического излучения, распространяющегося в волоконном световоде, зависит от многих факторов: температуры окружающей среды, положения и размещения волоконно-оптического кабеля, наличия оптических разъемов. Все это может оказать паразитное воздействие на интенсивность излучения, что снижает точность измерений. По этой причине для многих практи-

ческих приложений ВОД амплитудного типа неприемлемы.

В середине 80 годов в ОМКБ начались изыскания по волоконно-оптической технике, в частности по ВОД, измерения различных физических величин, необходимых для перспективных систем автоматического управления газотурбинными двигателями. Вместе с Ленинградским электротехническим институтом связи разработаны и изготовлены датчики температуры, основанные на эффекте сдвига полосы поглощения спектра полупроводниковыми материалами (кремний, арсенид галлия). Получены макетные образцы, проведены лабораторные испытания. Затем в течение ряда лет осуществлялся целенаправленный анализ всевозможных типов ВОД, который в большинстве случаев сопровождался созданием и испытанием наиболее перспективных образцов в лабораторных условиях и на ГТД. Совместно с Куйбышевским авиационным институтом (КуАИ) были разработаны и изготовлены волоконно-оптические цифровые преобразователи углового перемещения проходного типа - 8-и 10-разрядные. Принцип работы датчика заключается в преобразовании угла поворота вала датчика с кодовым диском двоичных разрядов в код Грея. Излучение от излучателя вводится в оптические волокна, и в оптомеханическом модуле датчика перемещаются отражающие разрядные дорожки кодового диска. Нанесенные на разрядной дорожке кодового диска зеркальные метки отражают излучение. Сигнал через оптический ответвитель попадает на фотоприемное устройство. Применение для преобразований циклического кода Грея обусловлено тем, что переход от одного шага квантования к другому сопровождается в нем переменной кода только в одном разряде, то есть код Грея позволяет устранить неоднозначность считывания из-за изменения кода сразу в нескольких разрядах. Дальнейшее преобразование сигнала в удобный для считывания вид происходит в электронном преобразователе. Точность датчика зависит от шага квантования информации об угле поворота, то есть от количества параллельных разрядов. Так, точность 10-разрядного датчика составляет 22 угл. мин. В составе дозирующего агрегата были проведены испытания на базе моторостроительного КБ (г. Омск), работы и по выявлению предпомпажных состояний ГТД на базе ВОД пульсации давления.

В спектральных ВОД информация об измеряемом физическом параметре содержится в спектре излучения (спектр не зависит от внешних воздействующих факторов), прошедшего через датчик или отраженного от него. Высокую чувствительность и точность измерений при практически полной защищенности измерительной информации имеет спектральный ВОД на основе чувствительных и сканируемых интерферометров с широкополосным источником излучения. Такие системы избавлены от вышеназванных недостатков и могут с успехом использоваться в машиностроении, авиации, космонавтике, медицине, то есть в отраслях, требующих проведения измерений с высокой степенью точности и надежности. Работа ВОД со спектральным кодированием основана на изменении спектрального распределения излучения,

распространяющегося в оптическом тракте датчика (включая чувствительный элемент) под воздействием внешнего параметра, и регистрации этого изменения. Наиболее высокую чувствительность обеспечивают интерферометрические ВОД. В известном смысле это направление является результатом развития техники классической интерферометрии на базе волоконной оптики [3-5]. Все традиционные схемы интерферометрических ВОД обладают следующими общими свойствами:

- передаточная функция периодична, что соответствует повторению значения интенсивности при изменении разности оптических путей распространения света в опорном и измерительном плечах;
- точность измерений ограничивается отношением сигнал/шум и, следовательно, стабильностью оптических и электрических частей устройства;
- частота оптического излучения и длина опорного плеча должны стабилизироваться с высокой степенью. В противном случае изменения этих величин будут вызывать паразитные флуктуации. Оценки показывают, что предельная чувствительность очень высока.

На данном принципе совместно с НПО "Волна" и Академией им. Жуковского (Москва) были выполнены научно-исследовательские работы по разработке волоконно-оптических датчиков давления. Результаты испытаний показали перспективность данного направления.

При создании ВОД частоты вращения проработана и симулирована схема с открытым оптическим каналом. Установлено, что работоспособность данной схемы проблематична, так как требует защиты или регулярной очистки чувствительных оптических элементов: целесообразно в качестве датчика частоты вращения использовать датчик магнитного поля, разработанный ИРЭ АН РФ (Москва) и основанный на явлении вращения плоскости поляризации света в присутствии магнитного поля при прохождении сквозь магнитооптический кристалл (эффект Фарадея). В этом случае уровень выходного сигнала не зависит от частоты вращения (традиционные датчики теряют чувствительность при частотах вращения менее 500 об/мин).

Абсолютная помехоустойчивость, проведение измерений в любых средах, в частотном диапазоне 0-30 МГц, возможность дистанционного контроля на расстоянии до 1 км - несомненные достоинства датчиков такого типа.

Значительные результаты достигнуты ОМКБ и Санкт-Петербургским институтом связи при разработке ВОД для измерения температуры. Выделена группа датчиков, использующих в качестве информационного параметра время затухания люминесценции (время послесвечения) чувствительного элемента (люминофора), возбуждаемого источником ультрафиолетового света. Крутизна спада характеристики послесвечения люминофора, описываемая экспонентой, зависит от температуры и отличается высокой степенью стабильности повторяемости. Датчики отвечают важнейшим требованиям: высокой защищенности от воз-

действия мощных высокочастотных электромагнитных излучений в зоне измерений; независимости результатов измерений от изменений во времени оптических характеристик тракта передачи, поскольку здесь легко реализуются балансные методы; высокой повторяемости характеристик; малому значению размера чувствительного элемента (зонда); электро- и пожаробезопасности, химической инертности возможности использования в агрессивных и взрывоопасных средах и т.д.

Применение в ВОД активного ниодимового волокна позволяет проводить измерение при температурах до 900°C.

Задача экономного и рационального использования жидких сырьевых и топливно-энергетических ресурсов непосредственно связана с проблемой их объективного учета и контроля. В связи с этим создание средств измерительной техники, позволяющих предоставить пользователю достоверную информацию о контролируемых параметрах жидких сред, имеет важное хозяйственное значение [6]. В настоящее время существует множество разнообразных типов и конструкций устройств контроля количества жидкости, основанных на различных принципах измерений. Большинство оптических датчиков уровня основаны на использовании эффекта нарушения полного внутреннего отражения при погружении призматического отражателя в жидкость. Излучение от источника через оптическое волокно подводится к призматическому отражателю, на гранях которого происходит полное внутреннее отражение, и отраженный световой сигнал через другое волокно передается к приемнику. Для жидких видов топлива, и в первую очередь таких нефтепродуктов, как бензин и керосин, характерной особенностью является существенное влияние температуры на объем вещества. Эта зависимость может приводить к значительной погрешности при контроле количества вещества. В существующих устройствах такое влияние температуры или не учитывается, или ее значение оценивается в дискретно распределенных по высоте резервуара точках. Разработанное на основе описанного датчика устройство позволяет измерить количество жидких взрывопожарных сред в резервуарах большой емкости с учетом изменения температуры по высоте столба жидкости. С этой целью первичный измерительный преобразователь выполнен секционированно из расположенных по всей высоте резервуара световодных пластин. Комплексная

обработка сигналов от каждой пластины необходима для учета температуры жидкости в пределах, контролируемых каждым чувствительным элементом. Возможность введения температурной поправки обусловлена наличием магнитной зависимости показателя преломления, который определяет амплитудные коэффициенты отражения от температуры. Учет влияния температуры для секции, частично погруженной в жидкость, производится по результатам опроса погруженных чувствительных элементов. Для устройства, содержащего 24 секции и позволяющего осуществлять контроль количества жидкости в резервуарах высотой 6 метров, основная расчетная погрешность составила 5 мм при изменении температуры окружающей среды в пределах от 0 до 45°C.

Выполнялись исследования по возможности создания оптических логических бистабильных элементов на базе интегральной оптики для реализации оптических цифровых вычислителей. Несмотря на скептическое отношение некоторых представителей научных кругов, были выполнены научно-поисковые работы совместно с НПО "Волна" с привлечением специалистов ИРЭ АН РФ. Результаты исследований показали, что уровень современных научных достижений и технологии позволяет создать оптические компьютеры, не уступающие современным по быстродействию и объему памяти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бусурин В.И., Носов Ю.Р. Волоконно-оптические датчики. Физические основы расчета и применения. - Л.: Энергоатомиздат, 1990. - 266 с.
2. Бусурин В.И., Семенов А.С., Удалов Н.П. Оптические и волоконно-оптические датчики // Квантовая электроника. - 1985. - Т.125. - С.901-944.
3. D.A.Jackson. Monomode optical fibre interferometers for precision measurements. J.Phys.E.:Sci. Instrum., 1985. - Vol.18. - S.981.
4. Grattan K.T.V. New developments in sensor technology - fibre and electrooptics. Measurement + Control, 1989. - Vol.22. - 165 s.
5. Волоконно-оптические датчики/ Под ред. Т.Окиси. - Л.: Энергоатомиздат, 1990. - 265 с.

УДК 621.9.06**ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ ПРОЕКТ - ОСНОВА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ****В.И. Глухов****Омский государственный технический университет**

The scientific and technical system of high-quality guaranty, including the stages of projecting, making and the control of production offer in this article. The basis of this system form the united scientific principles of quality forming: the principle of inversion, the principle of functional purpose, the principle of datum s unity and the principle of consumer s priority.

Уровень качества продукции определяется в первую очередь уровнем научных исследований, выполненных при разработке продукции. Чтобы создавать конкурентоспособную продукцию, ее разработку необходимо вести научно-исследовательским организациям на базе достижений фундаментальной науки, а сам процесс разработки продукции следует рассматривать как процесс создания нового. Продукция, претендующая на уровень выше мирового, должна быть защищена патентами и иметь мировую новизну. Создавать же продукцию ниже мирового уровня, значит никогда не решить проблему конкурентоспособности. Так как от разработки продукции до ее выпуска с учетом периода стабильной реализации проходят годы, показатели качества продукции должны быть прогнозируемыми, что заставляет разработчика постоянно иметь научный задел и мировой приоритет в своей области. Реализация высокого уровня показателей качества создаваемой продукции возможна только на основе высококачественного проекта. Поскольку фундамент качества продукции закладывается в конструкторской документации, реализуется в процессе производства с помощью технологической документации и контролируется по методикам выполнения измерений и испытаний (т.е. по метрологической документации), то приоритет и первостепенность в решении проблемы конкурентоспособности необходимо отдать созданию единой системы качества технических проектов. Внедрение такой системы позволит параллельно поднять уровень всех составляющих качества продукции: сырья, материалов, комплектующих, станков, оборудования, испытания, т.к. их качество закладывается в технических проектах. Благодаря высокому качеству технических проектов, сократятся период освоения продукции и затраты на производство, возрастет производительность труда, ритмичность и рентабельность производства, т.е. все косвенные показатели конкурентоспособности выпускаемой продукции. Можно ставить продукцию на производство, имея полный технический проект, состоящий из комплекта высококачественной взаимосвязанной технической документации, включающего конструкторскую документацию на основную продукцию, технологические процессы изготовления продукции, методики выполнения измерений и испытаний показателей качества продукции, а также

техническую документацию на средства технологического оснащения (спецоборудование, приспособления, специнструмент, нестандартизованные средства измерения и контроля, испытательные стенды), технологические процессы изготовления заготовок и средств технологического оснащения, методики выполнения измерений, поверки и испытания средств технологического оснащения. Единый комплект документации технического проекта по существу состоит из двух проектов: на основную продукцию и продукцию технологического оснащения или вспомога-тельную. Качество основной продукции в равной мере зависит от качества как первого, так и второго проектов. Высокое качество технического проекта может быть достигнуто, если разработка всех его составных частей (конструкторской, технологической и метрологической) ведется на единых научных принципах. Такими принципами могут служить метрологический принцип инверсии и технологический принцип служебного назначения. Согласно первому, условия измерения и контроля должны соответствовать условиям эксплуатации. Согласно второму, при разработке технологического процесса необходимо учитывать рабочие функции всего изделия и его деталей. Для обеспечения высокого качества и единства технической документации проекта эти принципы должны быть распространены на все его три составные части: условия работы и служебное назначение деталей, их элементов и изделия в целом в проекте на изделие, в технологических процессах изготовления, в методиках выполнения измерений и испытаний должны соответствовать условиям работы и служебному назначению изделия при его эксплуатации. Из общих принципов инверсии и служебного назначения вытекает частный принцип единства баз, согласно которому должны совпадать конструкторские, технологические, метрологические и проектные базы деталей. Этот принцип требует одинакового расположения деталей и сборочных единиц в проекте изделия, при изготовлении и контроле - строгого соответствия с их расположением при эксплуатации изделия. Наша страна является родоначальницей теории базирования, находящей применение при разработке технологических процессов, способствующих высокому качеству технологической документации. Неслучайно единая система стандартов технологической подготовки производства ставит своей

целью разработку документации для изготовления изделий высокого качества. Задача состоит в обязательном применении теории баз при разработке конструкторской и метрологической документации с целью повышения их качества. Поскольку техническая документация на продукцию разрабатывается на основе нормативно-технической документации и прежде всего стандартов, то те же принципы инверсии и служебного назначения должны быть положены в основу всей нормативно-технической документации, от которой зависит качество разрабатываемой продукции. Игнорирование единых научных принципов при разработке стандартов привело к ситуации, когда строгое исполнение стандартов в технической документации не обеспечивает требуемого качества продукции. Например, комплекс государственных стандартов на соединения крепежными деталями не всегда обеспечивает полную взаимозаменяемость, в результате чего часто требуется индивидуальная пригонка при сборке даже в условиях массового производства. Поэтому первоочередной задачей решения проблемы конкурентоспособности продукции является создание принципиально новой единой системы стандартов по разработке высококачественных технических проектов, включающей систему конструкторской документации: допусков и посадок, технологической и метрологической документации. Это означает, что переработке на базе единых научных принципов подлежат практически все действующие государственные стандарты ЕСКД, ЕСПД, часть стандартов ЕСТД и что должна быть разработана система стандартов метрологической документации (в основном методик выполнения измерений и испытаний). Стандарты, в основу которых положены единые научные принципы, позволят создавать отечественную продукцию выше мирового уровня. Нельзя принимать международные стандарты в качестве государственных, их можно использовать лишь как аналоги при разработке своих. Все стандарты призваны помогать исполнителю производить высококачественную продукцию. Для этого сами стандарты должны быть высококачественными, научно обоснованными. Важнейшее объединяющее значение имеет стандартизация понятий, которыми пользуются все участники процесса создания продукции. Необходимо, чтобы высококачественный технический проект полностью удовлетворял запросам потребителя. На основе принципа приоритета прав потребителя должны устанавливаться взаимосвязи между тремя частями самого проекта: первой стадией формирования качества является конструкторская часть, ее потребителями - технологическая и метрологическая, что означает, что конструкторская часть должна удовлетворять требованиям двух других, т.е. должна быть технологичной и контролепригодной, иначе изготовление продукции в металле невозможно. Точно также метрологическая часть является потребителем

технологической, поэтому технологическая часть проекта в соответствии с принципом приоритета прав потребителя должна быть контролепригодной, так как без измерительной информации изготовление продукции также невозможно. Самой емкой частью технического проекта продукции является технологическая. Она состоит из технологических процессов изготовления и сборки продукции и проекта вспомогательной продукции, также включающего три составные части: конструкторскую (проекты станков и оборудования, приспособлений, инструмента, заготовок), технологическую и метрологическую. Отношения между этими составными частями тоже должны строиться на основе принципа приоритета прав потребителя, но все вместе они представляют единое целое и подчиняются единым научным принципам формирования высокого качества. Поэтому уже при выборе технологического метода получения заготовок необходимо исходить из принципа инверсии: высококачественная деталь типа тела вращения может быть изготовлена только из заготовки, также полученной методом вращения. Структура материала такой детали будет более равномерной, внутренние напряжения и деформации - меньше. Даже рубка круглого проката на заготовки нежелательна: нарушается принцип инверсии - прокат не вращается, в результате заготовка приобретает внутренние напряжения, деформируется, ее геометрическая форма ухудшается. Из такой заготовки получить высококачественную деталь уже нельзя. Принцип инверсии нарушается и при обработке центровых отверстий на неподвижной заготовке, из-за чего отклонения от соосности центровых отверстий на порядок больше, чем это можно получить при зацентровке вращающейся заготовки, т.е. при соблюдении принципа инверсии. А именно точность баз определяет качество обработанных деталей по геометрической точности. Аналогично повышается качество деталей при соблюдении принципа единства баз: не только базы заготовок, но и базы литейных моделей, штампов должны совпадать с конструкторскими базами будущих деталей. Метрологическая часть проекта примыкает к стадии эксплуатации и непосредственно должна удовлетворять требованиям потребителя. Поэтому разработка достоверных методик выполнения измерений всех параметров качества продукции на единых научных принципах, учитывающих условия эксплуатации, является завершающим этапом создания высококачественного проекта продукции. Реализация предложенной модели формирования качества продукции возможна, если подготовка разработчиков технических проектов (бакалавров, инженеров, магистров различных специальностей, объединяемых жизненным циклом продукции) будет осуществляться с позиции рассмотренных в статье научных принципов.

О НЕКОТОРЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТАХ ФИРМ DELCAM И INTERGRAPH

И. Н. Пергун, С. П. Шамец, А. Г. Янишевская

Омский государственный технический университет

Programm products of leading firms in area 3D of modeling are described. The firm DELCAM (Great Britain) is the recognized leader in the market of 3D modeling and machining. The basic opportunities of system DUCT 5, intended for designing and manufacturing of products and rigging idle simple and complex form from plastic, rubber, glass, ceramics, metal отливок, поковок and press-forms are submitted. The characteristic of the basic modules of system is given. The basic programm products of one of the leaders in the market CAD/CAE/CAM of systems in mechanical engineering, geoinformation systems, CAD in construction and architecture, electronics of firm Intergraph - I/EMS and Solid Edge are considering. The program Engeneering Modeling System (EMS) is system of automated designing in a basis of which technology of use of solid geometrical models lays. The integrated package Solid Edge unites solid modeller, drawing module and manager of the project. To receive the information, demonstration versions, to pass training on the specified and other programm products it is possible in a department of information technologies in the OmGTU.

В развитых странах конструкторско-технологическая подготовка производства изделий занимает всего несколько недель. Так, итальянская фирма Gilardony проектирует с использованием программного обеспечения фирмы DELCAM (Великобритания) оснастку для литья сложных алюминиевых цилиндров всего за две недели. Разработанная фирмой DELCAM CAD/CAM система DUCT 5.2 признана лучшей системой для проектирования и производства изделий сложной формы. Фирма имеет свыше 3000 пользователей более чем в 40 странах.

Как правило, DUCT используется на предприятиях в инструментальном производстве для проектирования и изготовления штампов, пресс-форм, литейных форм и моделей, так как фирма DELCAM уделяет особое внимание именно этой области. Однако DUCT с успехом применяется и для проектирования лопаток турбин, корпусов насосов, деталей самолетов и др.

В 1995 году на конференции пользователей DUCT Иоахим Вольмершаузер, работник германской компании Firma Tabler GmbH, производящей кузнечно-прессовое оборудование и оснастку, был удостоен титула DUCT - Пользователь года. Он разработал цельно-штампованную велосипедную раму для компании OXYD из Штутгарта.

Производительность системы зависит от времени, в течение которого может быть получена компьютерная модель. С использованием DUCT можно легко вводить двухмерные данные, например, с обычного чертежа. Соответствующие профили и сечения затем применяются для создания модели в целом (с использованием конструктора проволоочных каркасов или при работе непосредственно с поверхностями).

Продукты фирмы DELCAM - это мощные системы, интегрирующие конструирование и изготовление. Модули DUCT 5 осуществляют конструирование, визуализацию, вычерчивание, трехмерное моделирование, получение управляющих программ для станков с ЧПУ, измерение и контроль.

DUCT5 - система, предназначенная для конструирования и изготовления изделий и оснастки простой и сложной формы из пластмассы, резины, стекла, керамики, металлических отливок, поковок и прес-сформ. Интерфейс сочетает мощный командный язык с удобными экранными меню. DUCT создан по модульному типу и включает в себя следующие модули:

- DUCTmodel - создание трехмерной компьютерной модели, определение линии разъема и построение штамповочных уклонов и поверхности разъема;

- DUCTdraft - подготовка чертежей, полностью интегрированная с системой объемного моделирования;

- DUCTmachine - генерация траектории движения инструмента на основе компьютерной модели, на базе чего формируются программы для систем ЧПУ с управлением до пяти осей одновременно, гарантируется полное исключение резцов при автоматической генерации траектории на всю деталь;

- DUCTviemill - имитация на экране процесса съема металла;

- DUCTpost - набор постпроцессоров для генерации управляющих программ для станков с ЧПУ;

- DNC - система прямого управления станками с ЧПУ непосредственно от персонального компьютера;

- DUCTmold в сочетании с модулем DUCTdraft - средство автоматизации конструирования литейных форм для пластмассы;

- ArtCAM - система генерации трехмерных рельефных поверхностей из плоского двухмерного рисунка с одновременным получением управляющих программ для черновой и чистовой обработки рельефа;

- DUCTdigitize - обработка данных сканирования, полученных с координатно-измерительных машин или других систем объемного сканирования;

- PowerMILL - отдельная система проектирования управляющих программ для 3-х и 4-х координатных станков с ЧПУ.

Основные возможности DUCT, представляющие интерес для специалистов инструментального производства:

- построение штамповочных или литейных уклонов;
- построение линии разъема как по отдельным поверхностям, так и для совокупности поверхностей;
- широкий набор стратегий построения поверхности разъема (вытягивание до блока, растягивание по радиусу, осям, сведение в точку и т.д.).

Фирма Intergraph является мировым лидером на рынке геоинформационных систем, САПР в строительстве и архитектуре, электронике, одним из лидеров на рынке CAD/CAE/CAM систем в машиностроении. Программные продукты фирмы объединяют процессы и стадии проектирования, конструирования, инженерного анализа и технологической подготовки производства в рамках единой комплексной технологии.

Ярким представителем систем автоматизированного проектирования фирмы Intergraph является программа Engineering Modeling System (EMS). Ядро системы - интегрированный 3D моделировщик, позволяющий одновременно работать и с твердотельными моделями, и с поверхностями, использовать средства ассоциативного и параметрического конструирования, базовые операции, анализировать геометрические свойства модели и оформлять чертежи. Конструктор и дизайнер имеют большой набор возможностей для одновременной работы со множественными видами изделия, фотореалистичной визуализации изделия с быстрым вращением на экране даже не очень мощных графических станций.

В основе высокой эффективности (EMS) как системы автоматизации конструирования лежит технология использования твердотельных геометрических моделей и производительные средства для изготовления конструкторской документации.

Программные продукты Intergraph имеют широкий набор средств инженерного анализа, включая:

- анализ методом конечных элементов;
- анализ допусков на стадии разработки конструкции;
- оптимизацию конструкции изделия, на основе параметров ассоциативной модели, при заданных ограничениях и целевой функции;
- кинематический и динамический анализ механических систем;
- анализ литья пластмасс.

С 1996 г. фирма Intergraph предлагает новые

коммерческие продукты для работы в среде Windows NT и Windows 95. Одним из таких программных продуктов является интегрированный пакет Solid Edge, объединяющий твердотельный моделировщик, средства работы с большими сборками, чертежный модуль и менеджер проекта. Включает ряд принципиально новых возможностей, таких как создание модели в среде сборки, контроль пересечений и собираемости изделий.

Для электроники корпорация Intergraph предлагает САПР VeriBest. Основные возможности пакета VeriBest:

- средства ведения проекта;
- единый конструкторский интерфейс;
- трассировка и размещение элементов плат;
- имитация и анализ функционирования;
- подготовка документации и изготовление.

Пакет имеет модульную структуру. Выбор деталей и контуров для размещения и трассировки производится автоматически. Разработанные трассировщики учитывают форму конструкции и могут работать и в диалоговом, и в пакетном режимах.

На стадии имитации и анализа функционирования плат есть возможность задать входные сигналы и граничные условия, алгоритм функционирования каждого узла платы, после чего можно получить выходные параметры и характеристики функционирования для каждого узла.

Процесс проектирования плат ведется в едином 2D/3D CAD окружении. Такая интеграция обеспечивает быстрое трехмерное отображение полученных результатов, и в свою очередь изменения, сделанные на трехмерной модели, отображаются на функционировании модулей.

Получить информацию, демонстрационные версии по указанным и другим программным продуктам можно в отделе информационных технологий Омского государственного технического университета. Отдел ИТО регулярно готовит тематические региональные семинары по отечественным и зарубежным компьютерным системам конструкторско-технологического проектирования. Проводят их, как правило, сами разработчики систем. Участники семинаров могут получить демонстрационные версии имеющихся в наличии пакетов прикладных программ и консультации специалистов по использованию этих пакетов. Заинтересованным лицам предоставляется информация о фирмах-разработчиках программных продуктов.

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ОМСКОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО («ОМКБ») ЗА ПОЛУВЕКОВОЙ ПЕРИОД

А.А. Кульков

ОАО "Омское машиностроительное конструкторское бюро"

JSC«Omsk machine design bureau (OMDB) development stages in for a half century period. This article of General director A. A. Kulkov considers in a short form «ОМКБ» stages of development for 50-years period of its life. Main trends of activities, development effort complicity and personnel skill growth are pointed out as well as the ways of future development in conversion stage.

5 июля 1947 года на базе Московского филиала агрегатного ОКБ, эвакуированного в начале Великой Отечественной войны в г. Омск на Омский агрегатный завод им. В.В.Куйбышева (ныне ОАО "Омскагрегат"), было создано самостоятельное опытно-конструкторское бюро (ОКБ), ставшее основой современного ОАО "ОМКБ". Вновь созданному ОКБ поручалось создание топливных и масляных насосов и фильтров. Несмотря на имевшиеся в то время трудности: малочисленность коллектива, отсутствие необходимого опыта, слабую производственную базу для изготовления и испытания опытных образцов, коллектив ОКБ успешно справился с поставленной задачей, и за 10 лет в нарастающих темпах были разработаны и переданы в серийное производство более 45 агрегатов, представляющих в основном шестеренные и колесные насосы различного назначения. Накопленный практический опыт по созданию указанных насосов в дальнейшем творчески использовался при создании систем автоматического регулирования ГТД (САУ ГТД), к выпуску которых ОКМБ приступил уже в 1956 году.

Период 1957-1965 гг. характеризовался значительным ростом выполняемых работ, увеличением сложности разработок, ростом численности коллектива за счет молодых инженерно-технических и рабочих кадров. В 1956 году приказом министра нашему предприятию было поручено приступить к освоению новой тематики - разработке САУ ГТД авиационных силовых установок летательных аппаратов (самолетов, вертолетов). Первые САУ ГТД были созданы для двигателей, разработанных Омским моторостроительным ОКБ тов. Глушенкова В.А. (ныне ОАО "ОМОТКБ"). По существу, с проектирования САУ ГТД-3Ф начинается первый этап создания систем автоматического управления разработки нашего ОКБ. Важно отметить, что с первых образцов схемные и конструкторские разработки имели существенные преимущества в отечественном агрегатостроении. Обладая хорошей теоретической подготовкой, проявляя большую энергию и инициативу в быстрейшем освоении и накоплении опыта по проектированию, изготовлению и доводке новых изделий, молодые инженеры конструкторских и расчетных подразделений - выпускники авиационных вузов страны и технических вузов Омска, работники служб главного технолога, главного металлурга, главного механика, работники служб всех видов производства и опытно-испытательной станции своим самоотверженным трудом освоили в сжатые сроки сложнейшую технику и создали первые САУ ГТД.

Сложность указанной техники заключалась в необходимости обеспечить высокую точность поддержания регулируемых параметров (частота вращения, расход топлива, степень сжатия и ряд других параметров ГТД) не только на установившихся режимах работы, но также на переходных режимах (запуск, приемистость, сброс режима) в широком диапазоне изменения высоты и скорости полета самолета. Все указанные функции в то время выполнялись с помощью гидромеханических счетно-вычислительных устройств, что приводило к существенному усложнению данных агрегатов. В настоящее время проектированием и производством таких агрегатов занимаются во всем мире только США, Англия, Франция и Россия. В 1959 году началось строительство современного промышленного комплекса на месте, где находится в настоящее время ОАО "ОМКБ" и большой жилой поселок для его работников, строительство которого завершилось в основном в начале семидесятых годов. По окончании строительства ОАО "ОМКБ" имело самую современную опытно-испытательную базу со стендами с обратной связью для имитации условий работы САУ ГТД, максимально приближенных к условиям эксплуатации. При этом статические и динамические характеристики ГТД с высокой точностью обеспечивались с помощью применения аналоговых вычислительных машин и впервые в СССР - тиристорных преобразователей в электродвигателях, используемых для привода топливных насосов ГТД (вместо традиционных), в то время применяемых преобразователей электромашинного типа. Использование тиристорных преобразователей позволило нам имитировать практически без погрешностей динамические характеристики ГТД.

В конце 50-х и начале 60-х годов ОКБ пришлось вести тяжелую конкурентную борьбу за расширение сферы влияния за пределами г. Омска с тремя авторитетными ОКБ по разработке САУ ГТД. При этом два московских ОКБ имели уже длительный опыт работы, а ОКБ в г. Перми - и опыт, и солидную поддержку со стороны мощного ОКБ по разработке ГТД для гражданских самолетов и военных вертолетов. В этих условиях потеснить их с занятых ими сфер влияния было возможно только при разработке САУ ГТД, имеющих принципиальные преимущества, с помощью которых можно было бы убедить генеральных и главных конструкторов двигательных ОКБ в целесообразности использования наших разработок, к принципиальным преимуществам которых необходимо отнести следующие:

- инвариантность регулируемых параметров

регулирования от внешних возмущений за счет использования принципа изменения расхода топлива не только от величины отклонения регулируемого параметра, но и величины, характеризующей расход воздуха, используемый в ГТД, например, через величину давления воздуха за компрессором;

- применение одного конструктивного узла для выполнения нескольких функций. Это, например, единый автомат запуска, разгона и сброса, который используется и для регулирования установившихся режимов с целью упрощения конструкции уменьшения веса и габаритов;

- оптимальное использование преимуществ, указанных выше, с целью полной адаптации статических и динамических характеристик САР ГТД таким образом, чтобы при минимальном числе конструктивных элементов получить требуемое качество регулирования;

- использование высоких частот вращения (порядка 15000 об/мин) для привода топливных насосов с целью уменьшения веса и габаритов;

- применение оригинальных методов дозирования малых расходов топлива, например, для ручного и автоматического изменения динамических характеристик САР ГТД, которые позволили адаптировать САР к любому ГТД без использования сложных гидромеханических счетно-решающих устройств с применением сложных пространственных кулачковых механизмов, используемых в США и отечественных агрегатных ОКБ.

В это же время ОМКБ частично закрепилось на двигателях, разрабатываемых в Москве для учебно-тренировочных самолетов ЯК-30, для ЯК-32, на котором знаменитая летчица Марина Попович установила ряд мировых рекордов. Данная САР в настоящее время используется для регулирования подъемного двигателя самолета АН-24. Кроме того, были успешно проведены испытания САР ГТД на двигателях, разработанных генеральными конструкторами Ленинграда и Рыбинска, но из-за ограниченных производственных возможностей в то время Омское машиностроительное конструкторское бюро не смогло там закрепиться. Использование же указанных преимуществ позволило полностью монополизировать новые разработки по САР ГТД в начале семидесятых годов в моторостроительном ОКБ Запорожья, вытеснив полностью оттуда Московское ОКБ. С целью повышения пожаробезопасности и упрощения агрегатов, была начата разработка агрегатов САР ГТД, работающих на принципах струйной техники. При этом необходимо отметить, что указанные агрегаты в отечественном агрегатостроении были использованы впервые, а сейчас наших агрегатов в эксплуатации уже значительное количество. В настоящее время на всех двигателях моторостроительного ОКБ г. Запорожья, установленных на самолетах ЯК-40, Л-39, ЯК-42, АН-72, АН-74, АН-124 ("Руслан"), АН-225 ("Мрия"), АН-70, самом мощном вертолете Ми-26 находятся топливные насосы и САР нашей разработки. На подъемных двигателях, разработанных Рыбинским ОКБ для самолета вертикального взлета и посадки ЯК-38, также используются топливная аппаратура и САР нашей разработки. САР ГТД ОАО "ОМКБ" применяются на самолетах АН-28, вертолете

КА-25, планируется их использование на самолете АН-3, который изготавливается на базе существующего большого парка самолетов АН-2. В настоящее время более чем на 40 типах летательных аппаратов, включая (кроме ранее перечисленных) такие самолеты, как АН-12, ИЛ-86, ИЛ-96, ТУ-104, ТУ-154, ТУ-134, МИГ-29, СУ-27 и ряд других летательных аппаратов специального назначения, используются агрегаты нашей разработки в виде САР ГТД основных и вспомогательных силовых установок, а также в виде отдельных агрегатов, входящих в комплектовку указанных летательных аппаратов. Агрегаты нашей разработки серийно выпускаются на агрегатных заводах Омска, Перми, Челябинска, а также ближнего зарубежья (Украине) и Польше.

Большинство САР ГТД, разработанные во второй половине 90 годов, гидромеханические с элементами электроники, применяемые для регулирования установившихся режимов ГТД, кроме САР двигателя для самолета АН-70, в котором гидромеханическая часть САР используется только в случае отказа электронной части. Первая полностью электронная система автоматического регулирования и контроля работы двигателя, используемого для беспилотного летательного аппарата, была применена в нашей стране в 80-х годах по инициативе нашего ОКБ. В конце 80-х и начале 90-х годов ОАО "ОМКБ", объединившись с электронными и радиотехническими предприятиями Омского региона (ЦКБА, ОНИИП, ОСКБП), приступило к созданию комбинированных электронно-гидромеханических САР силовых установок различного назначения. Результаты совместной работы позволили нам с успехом выдержать два конкурса, опередив Московское агрегатное ОКБ, и завоевать авторитет среди генеральных конструкторов-разработчиков силовых установок различного назначения. Мы считаем необходимым объединение научно-технического потенциала указанных выше предприятий для оптимального выживания в трудных экономических условиях, так как это позволит получить новые качественные изменения в разработках при резком сокращении транспортных, интеллектуальных и материальных затрат, что особенно важно при конверсии наших разработок. В этот переходный период, несмотря на уменьшение численности персонала в 2,5 раза, полное отсутствие государственной поддержки, коллектив ОАО "ОМКБ" стремится сохранить свой профиль работы, считая это важнейшей задачей не только для самого бюро, но и государства. С целью выживания много делается для изготовления новых и импортозамещающих изделий применительно к нефтедобывающему комплексу. За последние годы был разработан, изготовлен и испытан на нефтепромыслах дозированный мембранно-поршневой насос переменной производительности для закачки воды в нефтеносный слой, по весовым характеристикам на порядок меньший, чем зарубежные аналоги. В настоящее время ОМКБ приступило к выпуску различного вида гидроинструмента с давлением жидкости $\sim 1000 \text{ кг/см}^2$ для ОНЗ, проводим активную работу по выполнению региональной программы "СибВПКНефтегаз-2000", а также много других работ.

ОМСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ ТЕХНИЧЕСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ - 55 ЛЕТ



Более полувека прошло со времени основания крупнейшего высшего учебного заведения города Омска - государственного технического университета, бывшего машиностроительного (1942-1963), а затем политехнического (1963-1993) института. Сегодня в его составе десять факультетов, на 50 кафедрах ведется подготовка специалистов по 30 специальностям и по 4 направлениям - бакалавров. За свою 55-летнюю историю ОмГТУ подготовил свыше 35 тысяч специалистов. В числе преподавателей университета 50 докторов наук, более 300 кандидатов наук, 7 заслуженных деятелей науки и техники России. Образовательный процесс в университете строится на базе фундаментальных и прикладных исследований.

В 1987 г. Постановлением Совета Министров СССР Омский политехнический институт был признан одним из ведущих вузов страны, а его научно-исследовательский сектор преобразован в научно-исследовательскую часть, приравненную к научно-исследовательским институтам. Научные исследования, проводимые в ОмГТУ, возглавляются ведущими учеными вуза и осуществляются по основным направлениям, соответствующим профилю подготовки специалистов.

Ученые ОмГТУ участвуют и во многих научно-технических программах: "Человек и окружающая среда", "Новые процессы сварки", "Авиационная технология", "Физико-химические основы полупроводников", "Порошковая металлургия", "САПР", "Экономия энергии", "Холодная объемная штамповка" и других. Практически все кафедры работают над формированием областной комплексной научно-технической программы, в трех разделах которой вуз назначен головным.

Высокий научный потенциал преподавателей и сотрудников в значительной степени способствует приобщению к исследовательской работе студентов. Важную роль в подготовке научных кадров играют открытые по 46 научным специальностям аспирантура и докторантура по 12 направлениям, а также 8 специализированных (диссертационных) советов по защите диссертаций.

В последние годы наметился определенный успех в установлении тесных связей ученых ОмГТУ с дальним зарубежьем - налажено сотрудничество с коллегами из Шиньанского технологического центра (Китай), Израильского института технологий (г. Хайфа), Международной федерации терминологических банков и центров (г. Варшава, Польша), Чешского высшего технического училища (г. Прага), научных центров и фирм "Инфотерм" (г. Вена, Австрия), "Буркхард-Зульцер" (г. Винтертур, Швейцария), "Данфосс" (Дания) и другими.

Результаты научных исследований ученых ОмГТУ представлялись на выставках в США, Японии, ФРГ, Израиле, Финляндии, Венгрии, Болгарии, Китае, Швейцарии, Египте. Так, на состоявшейся в 1994 г. выставке в Швейцарии в научной части экспозиции Омской области было 8 экспонатов, 10 проектов и электронный банк данных по основным направлениям научной деятельности ученых Омского государственного технического университета. Три экспоната и 13 проектов разработок представлялись на выставке Омской области, состоявшейся в марте 1996 г. в Каире (Египет). В эти же годы научные разработки профессоров и доцентов ОмГТУ стали рекламироваться в журнале "Бизнес-контракт", выходящем на семи языках в 150 странах мира. Для установки тесных связей с зарубежными партнерами и реализации местных проектов, при поддержке Госкомвуза, областной и городской администрации в университете был создан техцентр "Энергия", по замыслу организаторов призванный стать катализатором новых научных и коммерческих связей между ОмГТУ и вузами, фирмами дальнего зарубежья в области энергосберегающих технологий, холодильной техники, электропневмоавтоматики.

И сегодня Омский государственный технический университет продолжает осуществлять свою образовательную и научную деятельность в соответствии с требованиями времени.

Защита диссертаций в Омске

(Перечень специальностей и диссертационных советов по данным на 1 октября 1997 г.)

Шифр и наименование специальности	Шифр диссертационного совета	Местонахождение совета
1	2	3
Физико-математические науки Математика 01.01.06 - математическая логика, алгебра и теория чисел	К 064.36.02	Омский государственный технический университет
Механика 01.02.06 - динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	Д 063.23.02	Омский государственный технический университет
Физика 01.04.08 - физика и химия плазмы 01.04.10 - физика полупроводников и диэлектриков	К 064.36.03	Омский государственный университет
Технические науки Машиностроение и машиноведение 05.02.01 - материаловедение (промышленность) 05.02.04 - трение и износ в машинах	К 063.23.05	Омский государственный технический университет
05.02.18 - теория механизмов и машин 05.04.06 - вакуумная, компрессорная техника и пневмосистемы	Д 063.23.02	
Авиационная и ракетно-космическая техника 05.07.01 - аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов 05.07.02 - проектирование и конструкция летательных аппаратов 05.07.07 - контроль и испытание летательных аппаратов и их систем 05.07.09 - динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов	К 063.23.04 ССК 063.52.01 К 063.23.03 ССК 063.52.01 К 063.23.04 ССК 063.52.01 К 063.23.03 ССК 063.52.01	
Электротехника 05.09.03 - электротехнические комплексы и системы, включая их управление и регулирование	Д 063.23.01	
Приборостроение 05.11.05 - приборы и методы измерения электрических и магнитных величин	Д 063.23.01	
05.11.13 - приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий	К 063.23.02	
Радиотехника 05.12.17 - радиотехнические и телевизионные системы и устройства	К 063.23.02	
Информатика, вычислительная техника 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях	К 200.63.01	Институт информационных технологий и прикладной математики СО РАН
Транспорт 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов 05.22.09 - электрификация железнодорожного транспорта	Д 114.06.01	Академия путей сообщения
Строительство 05.23.08 - технология и организация промышленного и гражданского строительства 05.23.11 - строительство автомобильных дорог и аэродромов	Д 063.26.01	Сибирский автомобильно-дорожный институт

ИНФОРМАЦИЯ

1	2	3
Сельскохозяйственные науки Агрономия 06.01.01 - общее земледелие 06.01.04 - агрохимия 06.01.05 - селекция и семеноводство 06.01.09 - растениеводство Зоотехния 06.02.02 - кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов 06.02.04 - частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства	Д 120.19.01 Д 120.19.01 К 120.19.02	Омский аграрный университет
Исторические науки 07.00.02 - отечественная история	Д 063.23.03 К 113.40.01	Омский государственный технический университет Омский педагогический университет
Экономические науки 08.00.01 - политическая экономия 08.00.07 - экономика труда	К 064.36.01	Омский государственный университет
Философские науки 09.00.11 - социальная философия		
Географические науки 11.00.02 - экономическая, социальная и политическая география	К 064.36.05 К 113.40.02	Омский педагогический университет
Юридические науки 12.00.02 - конституционное право; государственное управление; административное право; муниципальное право 12.00.03 - гражданское право: семейное право; гражданский процесс; международное частное право 12.00.08 - уголовное право и криминология; уголовно-исполнительное право	К 064.36.06	Омский государственный университет
Педагогические науки 13.00.01 - общая педагогика 13.00.02 - теория и методика обучения (по отраслям знаний) 13.00.02 - теория и методика обучения (по отраслям знаний) 13.00.04 - теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки и оздоровительной физической культуры	К 113.40.03 К 113.40.03 К 064.36.04	Омский педагогический университет Омский государственный университет Сибирская государственная академия физической культуры
Медицинские науки 14.00.01 - акушерство и гинекология 14.00.05 - внутренние болезни 14.00.07 - гигиена 14.00.15 - патологическая анатомия 14.00.16 - патологическая физиология 14.00.21 - стоматология 14.00.27 - хирургия 14.00.30 - эпидемиология	Д 046.06.01 К 084.30.01 К 084.30.02 Д 084.30.03 К 084.30.02 К 084.30.02 Д 084.30.02 Д 084.30.01	Омская государственная медицинская академия
Ветеринарные науки 16.00.02 - патология, онкология и морфология животных 16.00.03 - ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология и иммунология	Д 084.30.03 Д 120.48.01 К 120.19.01	Омский аграрный университет

Примечание Первая буква в шифре совета (Д или К) обозначает докторский или кандидатский совет.