

Сучасний стан
та перспективи
освітянського напрямку
«Біомедична інженерія»

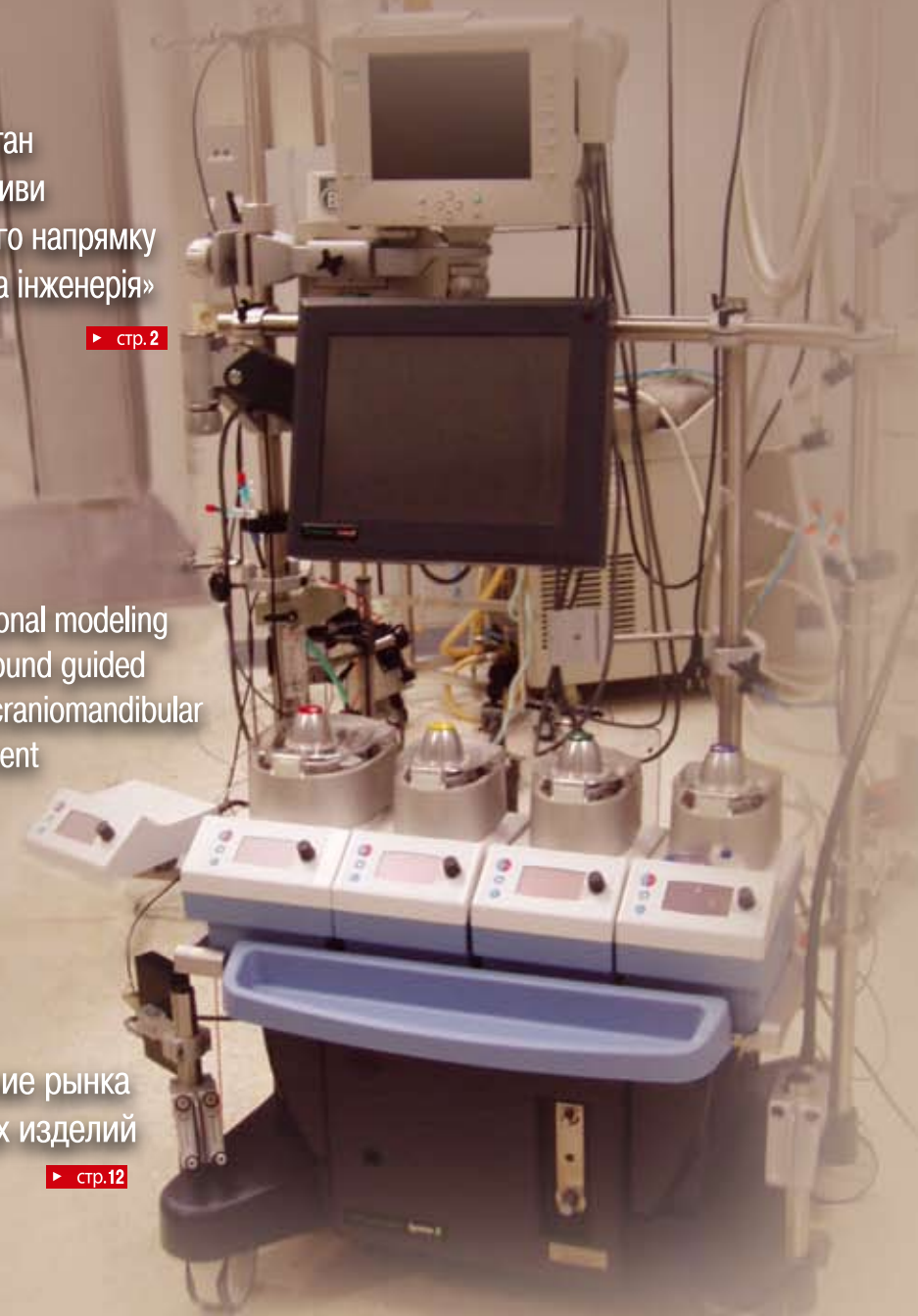
► стр. 2

Three-dimensional modeling
of novel ultrasound guided
technique for craniomandibular
pain management

► стр. 32

Регулирование рынка
медицинских изделий

► стр. 12



Ridan

**БОЛЬШОЙ ВЫБОР
ЛАБОРАТОРНОЙ
ПРОДУКЦИИ ИЗ ПЛАСТИКА
ДЛЯ ЛАБОРАТОРИЙ ЛЮБОГО
УРОВНЯ И НАПРАВЛЕНИЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**



04071, г. Киев
ул. Верхний Вал, 50
тел. (044) 205-40-55
(044) 205-40-56
факс: (044) 239-17-89
e-mail:
ridan@ridan.kiev.ua

БіоМедичинська Інженерія

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Учредители:

ВГО «Украинская ассоциация биомедицинских инженеров и технологов»
ГО «Всеукраинская ассоциация клинической химии и лабораторной медицины»

Издатель:

Издательско-полиграфический комплекс «Политехника»

Главный редактор:

В.Б.Максименко, д. мед. н., проф.

Заместитель главного редактора:

А.Б. Хейломский

Руководитель проекта:

Н.Г. Гноевая

Технический редактор:

С.И. Вовянюк, к.биол.н.

Секретариат:

О.Г.Киселёва, А.Р.Овчаренко

Редакционная коллегия:

А.И. Бых, д.физ.-мат.н., проф.

О.М. Дуган, д.биол.н., проф.

В.Я. Жуйков, д.тех.н., проф.

С.М. Злепко, д.тех.н., проф.

П.А. Киричок, д.тех.н., проф.

С.В. Клименко, д.мед.н., проф.

Л.М. Козак, д.биол.н., проф.

В.И. Коржов, д.мед.н., проф.

А.Г. Лунева, д.мед.н., проф.

Л.А. Лукаш, д.биол.н., проф.

В.Б. Максименко, д.мед.н., проф.

В.П. Манойлов, д.тех.н., проф.

Е.А. Настенко, д.биол.н.

О.О. Новиков, д.хим.н., проф.

В.Н. Проценко, к.мед.н., доц.

Г.С. Стеценко, д.мед.н., проф.

В.И. Тимофеев, д.тех.н., проф.

Г.С. Тимчик, д.тех.н., проф.

Б.И. Яворский, д.тех.н., ст.н.с.

В.П. Яценко, д.мед.н., проф.

Адрес редакции:

г. Киев, ул. Янгеля, 16/2
Тел. (044) 406-85-74, (095) 224-82-67

Печать:

Издательский дом «АДЕФ-Украина», г.Киев,
ул.Б.Хмельницкого, 32, оф.40а, тел. (044)284-08-60.

Журнал зарегистрирован
Министерством юстиции Украины, свидетельство
о регистрации КВ № 17522-6272Р от 04.03.2011

Тираж 500 экз. Заказ № 102

Дизайн, оформление и опубликованные материалы являются объектом авторского права и охраняются законодательством Украины. Использование опубликованных в издании материалов и их фрагментов допускается только с письменного согласия редакции. Ответственность за достоверность исследований, фактов, собственных имен и пр. сведений несут авторы. Редакция не всегда разделяет мнение авторов.

Оглавление

Реформы

- В.Б.Максименко*
Сучасний стан та перспективи освітнянського напрямку «Біомедична інженерія» 2
- А.Ж. Гильманов*
Лабораторная медицина за рубежом 8

- Т.А. Хейломская*
Регулирование рынка медицинских изделий 12

Медицинские технологии

- В.І. Зубчук, Е.І. Крючков, В.Е. Орел, О.Ю. Рыхальский, А.Д. Шевченко, А.П. Бурлака, С. М. Лукін*
Механомагнітохімічний синтез протитупхлінних нанокompозитів 16

- Н.С. Шидловский*
Методы исследования деформационной надежности систем остеосинтеза конечностей человека 24

- R.V.Bubnov, O.G.Kyselova*
Three-dimensional modeling of novel ultrasound guided technique for craniomandibular pain management 32

- В.Й. Котовський*
Інфрачервона термографія як сучасний метод первинної діагностики 38

- В.І. Зубчук, А.В. Кратік, В.С. Якімчук*
Програмно-апаратний комплекс експрес-діагностики на засадах електрохімічних сенсорів 44

Оборудование и инструментарий

- О.Г.Киселева, М.В.Герасимчук*
Интеграция среды NI LabVIEW и других сред программирования 50

Библиотека

Сучасний стан та перспективи освітянського напрямку «Біомедична інженерія»

В.Б.Максименко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
Національний інститут серцево-судинної хірургії АМН України ім. М. М. Амосова

Біомедична інженерія (далі БМІ) — вивчає і розробляє технічні та штучні біологічні об'єкти, а також технології їх виробництва і експлуатації, контролю якості і сертифікації для безпечного застосування в будь-яких галузях біології і медицини, досліджує їх взаємодію з живими організмами.

Це міждисциплінарна галузь освіти, яка поєднує інженерію і науки про життя, охоплює діяльність широкого спектру: від безпосереднього клінічного застосування до довгострокових фундаментальних досліджень природних та штучних біомедичних об'єктів.

Історичний екскурс

БМІ виникла на перетині точних та медико-біологічних наук як офіційна навчальна дисципліна на початку 1950-х, хоча взаємопроникнення інженерних знань і точних наук в біологію і медицину розпочалося значно раніше. Про це свідчить знайдена археологами мумія віком понад 3 тисячі років з дерев'яним протезом великого пальця ноги. Подальша історія БМІ охоплює всі досягнення фізики, хімії, математики, інформатики, інших технічних галузей, які знайшли своє медичне застосування, особливо в XIX-XXI століттях.

Головною причиною бурхливого розвитку БМІ саме у XX сторіччі є поява «стандартів якості», розвиненої ринкової економіки та високі вимоги до якості і конкурентної спроможності медичних виробів і технологій.

Головна ознака якості — це максимальна відповідність кінцевого результату будь-якої роботи інтересам замовника. Чи може інженер у своєму винаході, розроблених ним виробів або технологіях задовольнити потреби медиків, якщо він не знає проблем біології і практичної медицини, як фахівець? Звичайно — «Ні»! З цієї причини радянська медична техніка ніколи не була ні якісною, ні конкурентно спроможною, хоча СРСР мав досить унікальних технологій, які могли вивести його у світові лідери в цій галузі.

За кордоном, у Європі та США лікарі започаткували напрямок біомедичної інженерії, залучивши до вирішення медичних проблем провідні технічні університети. Перші заклади, де це відбулось: Інститут медичної фізики (1921), в подальшому - Інститут біофізики Макса Планка (Німеччина) та Радіо-інженерний інститут (1948, США). В подальшому більшість провідних технічних університетів світу відкрили кафедри та факультети з БМІ. Деякі з них очолили лікарі, як наприклад професор з фізіології Л.Геддес (Purdue University, США), професор з медицини Т.Харпик (Vanderbilt University, США). Були

організовані національні та міжнародні фахові асоціації, які об'єднали науковців, викладачів, інженерів та лікарів світу в галузі БМІ. Таким чином, в Європі та США сформувався потужний рух до створення самостійної програми навчання з БМІ, яка більше не є частиною традиційних інженерних програм, а з самого початку повністю інтегрована з медициною і біологією.

Зарубіжний досвід

Сьогодні розробка матеріалів медичного призначення, виробів з них та медичної техніки, а також техноємних медичних технологій є одним із основних напрямів економічної політики розвинених країн, які мають за мету підвищення стандарту життя населення і трансформації економіки, науки і техніки в соціальну сферу. Реалізація цих програм потребує залучення високоосвічених фахівців, які володіють відповідним обсягом знань і навичок у галузях біології, медицини, медичної техніки, медичної електроніки, біоматеріалознавства. Це призвело до створення у США і Європі спеціальності „Біомедична інженерія” (далі БМІ) та споріднених з нею спеціалізацій (зокрема „Медична інформатика”, „Медична інженерія”, „Клінічна інженерія”).

Державний департамент США із працевлаштування і зайнятості (United States Department of Labor) наводить такі цифри: „... з 2000 до 2010 року число робочих місць у сфері БМІ збільшилось на 31,4% — що вдвічі перевищило швидкість зростання робочих місць у всіх інших сферах діяльності разом узятих. Сумарне зростання числа робочих місць у інших сферах на протязі декади передбачається на рівні 15,2%”.

В березні 2000 р. Рада Європи заявила, що Євросоюз, для якого характерна розмаїтість освіти, наукових досліджень і промисловості, має важливе завдання стати

найконкурентноспроможнішою і динамічною економічною зоною світу. Відповідно, створення гармонізованої системи науки і освіти “Європа знань” стало суттєвим політичним наслідком економічних потреб регіону з обмеженими природними ресурсами, а також продовженням попередніх ініціатив урядів і установ, відповідальних за освіту і науку у Європі, головним чином університетів, які потребували гармонізації Європейської вищої освіти для гарантованої мобільності працевлаштування висококваліфікованих працівників в межах всього Європейського простору, а також для припинення фрагментації Європейського науково-дослідного простору.

Перед усіма науковими і професійними товариствами в галузі БМІ а також перед Європейськими університетами, які викладають БМІ, постало питання: яким чином такі програми вплинуть на освіту в галузі БМІ і як біомедикоінженерна спільнота зможе підтримати зміни у сфері розвитку людських ресурсів і просуванні у напрямку науково-технічного прогресу? Наскільки важливий зв'язок між БМІ і медичними технологіями і чи варто їх розділяти?

В цілому галузь БМІ посідає чільне місце за впливом на економіку Європи. БМІ потребуватиме напружених освітянських зусиль для забезпечення її необхідними людськими ресурсами. Це пов'язане, також, із постійними темпами пропорційного зростання потреби у біомедичних інженерах в країнах, які щойно приєдналися до Євросоюзу чи планують увійти до нього найближчим часом.

Уніфікація якості і акредитація освітянських програм із подальшим швидким їх поширенням, а також політичні зміни у Європі, які підвищують можливість і мобільність працевлаштування в Європейській сфері вищої освіти, потребують від університетів і професійних асоціацій в галузі БМІ активної участі у формуванні майбутнього цієї дуже

успішної і перспективної дисципліни шляхом керівництва розвитком вищої освіти і наукових досліджень в цій галузі.

Понад 150 університетів, університетів прикладних наук, політехнічних шкіл і академій в Європі пропонують освітні програми з медикобіоінженерних наук всіх академічних рівнів, що потребує міжнародного координування змісту і вимог до вихідної кваліфікації.

З метою подальшої підтримки високої якості біомедикоінженерної освіти створена «Міжнародна федерація медичної і біологічної інженерії», а також підтримуваний нею новоутворений «Європейський альянс медичної і біологічної інженерії і наук», які об'єднують національні і транснаціональні європейські асоціації, навчальні заклади і промисловість, пов'язану із медико-біологічною інженерією і наукою. Ці організації ведуть облік і координацію всіх медико-біологічних освітніх і наукових програм у Європі і готують рекомендації для створення конкурентноспроможної освіти і гармонізованої акредитації великої кількості різноманітних програм для поліпшення медико-біоінженерних професій Європейської спільноти.

З огляду на це, в 2005 р. міжнародна федерація медичної і біологічної інженерії затвердила «Критерії з акредитації освітніх програм з БМІ для Європи», які відповідають вимогам Болонської декларації, підписаної 29 європейськими країнами в 1999 р. Головні гравці в цьому процесі — університети, тому Асоціація Європейських університетів визначає важливі напрямки створення Європейського простору вищої освіти. Ці директиви розповсюджуються і на БМІ.

Першочергові завдання в цьому контексті такі:

- акредитація освітніх програм;
- стажування;
- продовження освіти на протязі життя.

Досягнення можливості безперешкодного працевлаштування в Європі і обміну новітніми технологіями потребує гармонізації вищої освіти і в галузі БМІ. З огляду на це, акредитація освітніх програм з БМІ, які ґрунтуються на критеріях, узгоджених по всій Європі — є необхідною умовою реалізації всіх інших завдань. З метою розробки рекомендацій з акредитації Робоча група з акредитації сертифікації Асоціації біомедичних інженерів Німеччини (Working Group for Accreditation and Certification of the German Society for Biomedical Engineering (DGBMT)) взяла на себе ініціативу складання каталога ключових визначень. В результаті цієї роботи створено документ, розміщений за адресою: <http://www.vde.com/de/fg/dgbmt/studiumberuf/gegenstandskatalog/> — який є практично паспортом спеціальності БМІ.

Перспективи біомедикоінженерної освіти в Україні

Навчальна програма з БМІ в Україні, також як і в країнах Європи повинна давати освіту, що дозволяє організувати і виконувати фундаментальні і прикладні дослідження в мультидисциплінарній галузі, яка об'єднує сферу інженерно-технічних наук, біології і медицини. Спеціалісти мають досвід комплексного підходу до досліджуваних об'єктів, який дозволяє: розвивати існуючі міждисциплінарні концепції і створювати нові; приймати безпосередню участь у розробці високотехнологічних підходів до втручання в процеси життєдіяльності, контролювати їх ефективність. БМІ є тією ланкою, яка здійснює взаємозв'язок клінічної практики, наукових досліджень і виробництва. Спеціалісти з біомедичної інженерії мають подвійну функцію: з одного боку вони впроваджують наукові досягнення в

клінічну практику, а з іншого — трансформують потреби і завдання клінічної практики у напрямки наукових досліджень і виробництва. Оскільки така взаємодія створює нові інструменти і технології для медичної практики, бакалаврат за спеціальністю „Біомедична інженерія” може завершуватися спеціалізацією з медичної інженерії, клінічної інженерії, медичної інформатики, біомедичної фізики, а також вже існуючих в Україні напрямків, таких як: фізична та біомедична електроніка; медичні прилади і системи; біотехнічні та медичні апарати і системи; медичні акустичні та біоакустичні прилади і апарати, та інші.

Оскільки із вказаних вище напрямків підготовки медична та клінічна інженерія є новими для України прикладними складовими БМІ, слід підкреслити, що вони спрямовані на забезпечення технологічної відповідності експлуатації в медичній практиці складного обладнання, застосування матеріалів і виробів медичного призначення; контролю і сертифікації їх якості і безпечності; коректності в отриманні, інтерпретації і обробці біомедичної інформації. Спеціальна освіта передбачає роботу інженерно-технічного персоналу безпосередньо в лікувальних та науково-дослідних закладах системи охорони здоров'я. Медичні інженери працюють разом з медичним персоналом за напрямками застосування, інтерпретації результатів і підвищення ефективності техноємних технологій діагностики і лікування.

Слід відзначити також те, що включення українського напрямку підготовки з БМІ до галузі знань «Біотехнологія» відповідає найсучаснішим світовим тенденціям, оскільки медичні біотехнології, пов'язані із застосуванням молекулярної хімії (генної інженерії), стовбурових клітин, клітинної та тканинної інженерії є розділом сучасної БМІ.

Останнім часом у Європі фахівці з БМІ (зокрема медичної інженерії), отримавши додатково середню медичну освіту, приймають безпосередню участь у застосуванні техноємних методів діагностики і лікування. Наприклад: магніто-резонансної томографії, штучного та допоміжного кровообігу, програмування та адаптації штучних водіїв серцевого ритму та інше. Це також важливий стратегічний напрямок розвитку БМІ освіти.

В Україні виробництво медичної техніки і матеріалів медичного призначення дуже обмежене і знаходиться на початковій стадії свого розвитку. Забезпечення всіх потреб вітчизняної охорони здоров'я у зазначених вище виробках і технологіях за рахунок імпорту недоцільне, а часом неможливе з економічних міркувань. Необхідним є створення вітчизняної матеріально-технічної і наукової бази для виробництва медичного обладнання, матеріалів і засобів профілактики. Крім того, впровадження і експлуатація високотехнологічного медичного обладнання і спеціалізованих матеріалів медичного призначення висуває нові вимоги до компетентності експертів, розробників та інженерного персоналу який супроводжує інсталяцію і експлуатацію обладнання у лікувальних закладах.

Вирішальною проблемою в розробці передових медичних технологій і медичної техніки є необхідність подолання основного обмежуючого фактору, а саме — відсутності фахівців за спеціальністю БМІ.

Виходячи з досвіду Європейських країн можна стверджувати, що розвиток БМІ в Україні — є стратегічним напрямком зміцнення економіки держави, підвищення ефективності вітчизняного медичного виробництва і охорони здоров'я, відкриття принципово нової сфери наукових досліджень.



Всеукраинская Ассоциация клинической химии и лабораторной медицины

*Семьдесят процентов решений
в клинической медицине
принимаются, подтверждаются
или документируются на основании
результатов клинических
лабораторных исследований*

Dighe, A. S., Medicolegal liability in
laboratory medicine,
Semin Diagn Pathol, 2007

Всеукраинская ассоциация клинической химии и лабораторной медицины начала свою деятельность в мае 2007 года.

Ассоциация объединяет специалистов лабораторной медицины, занимающихся практической, научно-исследовательской и педагогической деятельностью, а также специалистов в области разработки и производства оборудования и реактивов для диагностики *in vitro*, специалистов по стандартизации.

Ассоциация состоит из 23 региональных центров и центра в составе НАМН Украины, которые возглавляют главные специалисты по лабораторной диагностике областей Украины и ведущие специалисты отрасли.

Основные задачи Ассоциации

- Разработка критериев и требований (стандартов) по производству, испытанию, сертификации реактивов, тест-систем, измерительных приборов и другого оборудования для диагностики *in vitro*.
- Создание независимого органа по сертификации медицинских изделий для диагностики *in vitro*, отвечающего требованиям международных стандартов.
- Внедрение системы обеспечения качества исследований в клинико-диагностических лабораториях Украины, независимо от форм собственности, в соответствии с мировой практикой.
- Создание, совместно с Национальным агентством аккредитации Украины, системы аккредитации медицинских лабораторий, отвечающей международным стандартам.
- Содействие росту государственной и общественной значимости профессии специалиста в области клинической химии и лабораторной медицины, повышению авторитета и престижа профессии, улучшению уровня и качества медпомощи всем слоям населения.
- Разработка концепции подготовки кадров для лабораторной службы и системы непрерывного медицинского образования.

- Инициирование создания специализированного совета по защите диссертаций по специальности «Клиническая лабораторная диагностика».
- Участие в разработке нормативно-правовой и методической базы лабораторной службы.

Что сделано при содействии ВАКХЛМ за последние годы

- Приказом МЗ Украины № 588 от 12.08.09 г. принято Положение о проведении аттестации специалистов с высшим немедицинским образованием, работающих в системе здравоохранения.
- Приказом Госпотребстандарта Украины № 313 от 3.09.09 г. создан Технический комитет стандартизации 166 «Клинические лабораторные исследования и системы для диагностики *in vitro*», ВАКХЛМ исполняет функции его секретариата.
- Приказом Харьковской медицинской академии последипломного образования № 152 от 21.06.10 г. создан Институт лабораторной медицины ХМАПО.
- Коллегией МЗ Украины от 5.08.10 г. приняты решения:
 - разработать проект Концепции развития лабораторной службы на 2011-2016 года;
 - разработать «Отраслевые стандарты обеспечения качества лабораторных исследований»;
 - включить в ежегодный план разработки стандартов гармонизированные технические стандарты в области клинической лабораторной диагностики.
- Приказом Национального агентства по аккредитации Украины № 218 от 28.10.10 г. при Техническом коми-

тете по аккредитации НААУ создан Подкомитет 09 «Медицина».

• Постановлениями Президиума Высшей Аттестационной Комиссии Украины № 46-09/1 от 26.01.11 г. и № 31-09/2 от 23.02.11 г. принято включить в перечень научных специальностей на соискание ученой степени кандидата и доктора наук в медицинской и биологической области специальность 14.01.39 - «клиническая лабораторная диагностика».

• Приказом МЗ Украины № 119 от 2.03.11 г. была утверждена научно-практическая работа по Институту лабораторной медицины ХМАПО на 2011-2013 гг. «Научное обоснование создания системы гарантирования качества клинических лабораторных исследований и лабораторных услуг».

• Достоверность результатов лабораторных исследований напрямую зависит не только от качества используемых медицинских изделий, но и от правильного построения системы обеспечения качества самих исследований, которое невозможно без нормативной базы.

• Сегодня для Украины принципиально важным вопросом является не только создание нормативной базы регулирования рынка медицинских изделий для диагностики *in vitro*, но и построение самой системы в соответствии с мировой практикой.

**Приглашаем к сотрудничеству
всех небезразличных!**

01042, Украина, г. Киев, ул. Чигорина, 18
Телефоны:
(044)221-08-43, (044)483-19-22
www.acclmu.org.ua
info@acclmu.org.ua, acclmu@i.ua

Лабораторная медицина за рубежом

А.Ж. Гильманов

Институт последипломного образования Башкирского государственного медицинского университета, г. Уфа, РФ

Политика в отношении медицинских лабораторий за рубежом — как в индустриально развитых, так и в развивающихся странах — существенно отличается от принятой в странах СНГ. Это определяется организационной структурой лабораторной службы, ее более конкретным и определенным местом в системе клинической диагностики и мониторинга. Гордясь классическим индивидуальным подходом к исследованиям у пациентов, наша лабораторная медицина в современных условиях «индустриализации» лабораторного процесса, тем не менее, может и должна перенять наиболее существенные моменты зарубежного опыта в этом направлении. Без модернизации подходов к работе КДЛ и к их кадрам невозможно удержаться в рамках быстрого прогресса этой области медицины во всем мире.

Высшее звено лабораторной службы за рубежом — это специалисты-патологи и исследователи, среднее звено — медицинские лабораторные техники и медицинские технологи, а также флеботомисты, лабораторные ассистенты и регистраторы. Кроме того, в крупных лабораториях работают собственные инженеры, специалисты по компьютерам и IP-технологиям, администраторы, финансовые менеджеры. Но центральной фигурой в большинстве лабораторий является медицинский патолог.

Медицинской патологией за рубежом называется дисциплина, в расширенном виде объединяющая лабораторную и морфологическую диагностику. Она подразделяется на клиническую, анатомическую и, в некоторых

странах, исследовательскую патологию; каждая из них включает ряд субдисциплин. Основная цель медицинской патологии — понимание звеньев этиологии и патогенеза заболеваний, применение полученных данных для диагностики и совершенствования лечебного процесса. Именно медицинские патологи наиболее часто руководят работой лабораторий, занимая ответственные посты директора (медицинского директора), клинического консультанта и др. Они ответственны за получение, оценку и интерпретацию всей клиничко-лабораторной информации и консультации лечащих врачей (в основном по сложным случаям, данным морфологических исследований и новым тестам). Патологи могут иметь анатомическую или клиничко-лабораторную специализацию; часто их работа сочетает оба подраздела (общая патология)

Клиническая патология и ее аналоги — лабораторная медицина, биопатология, клиническая / медицинская биология (ближайший аналог в странах СНГ — клиническая лабораторная диагностика) — связаны с лабораторным исследованием состава и свойств биологических жидкостей. Ее субдисциплины — микробиология, клиническая химия, трансфузиология и коагулология, иммунопатология, гематология (гематопатология), цитогенетика, молекулярная патология. Клинические патологи выполняют менеджерские обязанности (медицинского директора и др.), организуя и управляя работой лабораторий, выступают в роли консультантов других врачей в диагностике и мониторинге лечения пациентов, участвуют в разработке и

совершенствовании лабораторных информационных систем, занимаются преподавательской деятельностью по своей специальности.

Анатомическая патология (в странах СНГ — патологическая анатомия) связана с макро- и микроскопическим, субклеточным и молекулярным исследованием органов, тканей и клеток. Ее субспециальности — хирургическая патология (исследование пунктатов, биопсийного и операционного материала), аутопсия, цитопатология (цитология) и гистопатология (гистология).

Специалисты в области научных исследований (Research Pathologists) изучают клинические случаи и экспериментальные модели заболеваний, работают с клеточными культурами и тканевыми препаратами.

Первой ступенью профессиональной подготовки медицинского патолога служит 4-6-летнее обучение на медицинском факультете университета (Medical School); биологи / фармацевты проходят обучение на биологическом, химическом или фармацевтическом факультетах. Для того, чтобы стать лицензированным специалистом, выпускник медицинского факультета должен получить степень доктора медицины (MD), пройти 4-6-летнюю резидентуру по клинической или анатомической патологии и сдать сертификационный экзамен в специализированной профессиональной организации.

В США работают более 180 тыс. медицинских лабораторий, подавляющее большинство из которых проводят только наиболее простые в исполнении тесты (Waiver Labs). Основная часть таких лабораторий, тем не менее, требующих обязательной сертификации, находится в офисах врачей частной практики и учреждениях сестринского ухода. Более сложные исследования, в частности, микроскопические, нуждаются в более квалифицированных кадрах. Наиболее сложные анализы (Non-waived Tests) выполняются в аккредитованных госпитальных и специализированных лабораторных центрах, к которым предъ-

являются наиболее серьезные требования по организации процесса, менеджменту качества и кадрам. Должность медицинского патолога, кроме курса обучения на медицинском факультете университета, предполагает прохождение 4-годичной специализации (резидентуры) по патологии в университетской клинике или крупном госпитале. При приеме на работу весьма желателен сертификат American Board of Pathology по каждому виду патологии или одновременно по обоим; повторная сертификация производится через 10 лет. Дополнительная стажировка по «узкой» субспециальности (цитопатология, гематология, трансфузиология, нейропатология, нефропатология, дерматопатология, ультраструктурная патология) может занять еще год. Большинство медицинских патологов работает в госпиталях, другие — в агентствах или частных лабораториях. Специалисты обычно концентрируются на исследованиях в области анатомической патологии и сложных анализах; многие патологи ведут преподавательскую деятельность, поскольку эта дисциплина является одной из базовых в медицинском образовании. Годовой доход специалиста-патолога зависит от многих факторов и составляет от 90 тыс. долл. (начинающий специалист) до 200 тыс. долл. в год (патолог со стажем 10-19 лет и более).

В странах Евросоюза организация деятельности лабораторий и требования к ним несколько различаются; общей тенденцией является использование положений стандарта ISO 15189:2007 и постепенное принятие его норм как обязательных. Образование лабораторных специалистов может быть медицинским, биологическим, химическим или фармацевтическим; должности обозначаются как медицинский / клинический патолог, исследователь (Research Lab Scientist / Clinical Scientist), биопатолог, фармацевт-биолог и др.

В Германии наиболее крупные лаборатории находятся в университетских клиниках

(их 25-30). Кроме того, работают государственные (региональные, земельные) госпитали с лабораториями, а также частные сетевые структуры (их 5-6). Подготовка патолога занимает минимум десять лет и включает базовое медицинское образование, резидентуру и стажировку по субспециальностям патологии; для получения ученой степени кандидата наук (PhD) предусмотрена дополнительная 3-х годовичная научная стажировка. Кроме патологов, в лабораториях работают исследователи (Scientists) — биологи, биохимики, химики, которые занимаются как рутинным анализом, так и научными разработками на клиническом и экспериментальном материале. Лаборатории и их отделы в клиниках университетов, как правило, возглавляются медицинскими патологами, но в виде исключения эти должности могут занимать исследователи, имеющие большой опыт и ученую степень.

Во Франции основная часть крупных лабораторий располагается в университетских клиниках и госпиталях; работают и частные структуры. Около 75 % специалистов лабораторий составляют фармацевты-биологи, остальные — медицинские биологи (врачи-патологи). Подготовка врачей занимает 10-12 лет и включает 4-годовичную интернатуру в университетском клиническом госпитале, а также 2-х годовичную подготовку по субдисциплинам патологии. Работа в медицинских лабораториях считается очень престижной и хорошо оплачиваемой. Государственная регистрация и перерегистрация специалистов лабораторий производится ежегодно и зависит от их профессиональной активности.

В Италии насчитывается около 5000 медицинских лабораторий, 65 % из них — частные. В системе работают как врачи-патологи, так и более многочисленные клинические исследователи (Clinical Scientists) — биологи, химики и фармацевты. Продолжительность подготовки врачей-патологов — 6+6 лет, других специалистов — 5+4 года, включая последи-

пломное обучение в клиниках университетов и лабораториях аккредитованных госпиталей по разделам диагностики и интерпретации тестов — для врачей, технико-аналитическим — для исследователей. Наиболее крупные и хорошо оснащенные лабораторные центры находятся в северной части Италии; ученые и их научные исследования в области лабораторной медицины широко известны во всем мире.

За рубежом привычные для нас последипломные образовательные учреждения отсутствуют. **Последипломное обучение** медицинских специалистов, в том числе и в лабораторной медицине, носит непрерывный характер (Continuous Education) и включает участие в конференциях, семинарах и научных симпозиумах, учебные курсы продолжительностью от полудня до 5-6 дней, аудио- и телеконференции, «электронные» курсы с разбором клинических случаев и лабораторных препаратов и т.д. Все мероприятия, претендующие на статус последипломного обучения, предварительно аккредитуются в национальных профессиональных организациях, и им присваивается определенный «вес» в кредитных единицах, приблизительно соответствующий продолжительности лекций / семинаров в часах. Краткосрочные курсы и семинары могут проводиться непосредственно в госпиталях и клиниках; их организуют специальные менеджеры по обучению персонала. В результате каждый специалист должен набрать определенное количество образовательных кредитных единиц - не менее 50 в год, или 250 за 5 лет, что является обязательным условием продления сертификата (перерегистрации). За соблюдением этого требования следят как федеральные контрольно-регистрационные организации и профессиональные ассоциации, так и менеджеры госпиталей.

Основную часть кадров лабораторной службы за рубежом составляют специалисты среднего звена (медицинские лабораторные техники и технологи), обязанности и ответственность которых намного серьезнее, чем в нашей

стране. Средний персонал в основном работает в сфере автоматизированных компьютерных лабораторных технологий, а «ручные» исследования проводятся редко, так как сложность тестов и ответственность за их результаты напрямую зависят от уровня образования и практического опыта специалиста. **Медицинские технологи** (Medical Technologists, Clinical Lab Scientists) выполняют достаточно сложные химические, биологические, гематологические, иммунологические и бактериологические исследования: микроскопируют препараты крови и других биологических жидкостей, проводят культуральные исследования и идентифицируют бактерии, грибки, паразиты и другие микроорганизмы, выполняют иммуногематологические тесты. В задачи технологов входит оценка результатов тестов, развитие и совершенствование аналитических процедур, освоение и мониторинг программ обеспечения точности лабораторных тестов. *Медицинские лабораторные техники* занимаются менее сложными лабораторными процедурами: готовят препараты, работают на автоматических анализаторах, выполняют «ручные» тесты (обычно под наблюдением медицинских технологов). Находящиеся в штате лаборатории *флеботомисты* берут пробы крови у пациентов.

В США и других странах разработано много программ подготовки технологов, техников, флеботомистов и лабораторных ассистентов. Продолжительность их обучения — 2-3 года; оно проводится в медицинских колледжах или на медицинских факультетах университетов (как исключение — на рабочем месте), последипломная подготовка проводится менеджерами лабораторий. Годовой доход специалистов среднего звена — 25-60 тыс. долл. Ряд крупных фирм — производителей лабораторного оборудования вносит существенный вклад в решение проблемы нехватки средних специалистов в лабораториях, поддерживая государственные программы их подготовки.

Во всем мире, благодаря прогрессу фундаментальных, биологических и медицинских

и дисциплин, темпы развития лабораторной медицины достаточно высоки, и в оснащение лабораторий и обеспечение качества исследований вкладываются огромные средства. Поэтому патология считается очень перспективным направлением медицинской науки.

Литература

1. EC4 European Syllabus for Post-Graduate Training in Clinical Chemistry and Laboratory Medicine: version 3 - 2005 / Zerah S et al. -Clin Chem Lab Med 2006; 44(1) : 110—120. Доступно на сайте <http://www.e-c4.org/publications.html>.
2. Lab Training in Different European Countries. -Clin Chim Acta. 1994/12; 232(1-2).
3. Plebani M. Training and education of laboratory medicine professionals. Foreword. -Clin Chim Acta. 2008; 393(1) : 1-8.
4. Sanders GT, et al. The Practice of Clinical Chemistry in the European Union. -Clin Chem Lab Med 2002; 40(2) : 196—204. Доступно на сайте <http://www.e-c4.org/publications.html>.

Материалы сайтов

5. [http://science.education.nih.gov/lifeworks.nsf/alphabetical+list/Clinical+Pathologist?OpenDocument&ShowTab=All&\(Clinical+Pathologist\)](http://science.education.nih.gov/lifeworks.nsf/alphabetical+list/Clinical+Pathologist?OpenDocument&ShowTab=All&(Clinical+Pathologist)).
6. http://education-portal.com/articles/Medical_Pathologist%3A_Educational_Requirements_for_a_Career_in_Medical_Pathology.html.
7. http://en.wikipedia.org/wiki/Pathology_as_a_medical_specialty.
8. <http://www.e-c4.org> (The European Register for Specialists in Clinical Chemistry and Laboratory Medicine).
9. <http://www.ascp.org/FunctionalNavigation/education/CMCEMLE/ContinuingMedicalLaboratoryEducationCMLE.aspx> (American Society for Clinical Pathology. Continuing Medical Laboratory Education - CMLE).

По материалам журнала «Лабораторная медицина» (специвыпуск, июнь 2010).

Регулирование рынка медицинских изделий

Т.А. Хейломская

Всеукраинская ассоциация клинической химии и лабораторной медицины,

Национальная медицинская академия последипломного образования им. П.Л. Шупика

7 лет назад Украина приняла Общегосударственную программу адаптации законодательства к Европейскому. В частности, адаптация коснулась нормативной базы, регулирующей рынок медицинских изделий. Она необходима для того, чтобы упростить торговлю между Украиной и ЕС, обеспечить качество и гарантировать безопасность медицинских изделий. Украинское законодательство в этой сфере устарело или вовсе отсутствует, из-за чего сложилась неэффективная система регулирования рынка. В Украине этим вопросом занимается только государство: разрабатывает стандарты, регистрирует медицинское оборудование, контролирует качество, инспектирует производство, выступает третейским судьей в случае жалоб. Следствие такой монополизации, помноженной на коррупцию, — засилье низкокачественных товаров.

В этой статье мы расскажем о том, как решается проблема борьбы за качество в Европе. В большинстве стран действует система распределения полномочий. Государство занимается аккредитацией независимых органов по сертификации, они в свою очередь проводят оценку соответствия оборудования и производителей, независимые лаборатории испытывают продукцию, профессиональные ассоциации разрабатывают стандарты, а конечный потребитель высказывает свое мнение на общедоступных государственных ресурсах.

Для того чтобы эта система работала

четко, необходима современная нормативная база, в первую очередь директивы, стандарты и руководства. Они определяют требования не только к конечному продукту и его производителю, но и ко всем органам, допускающим его на рынок.

Директивы прописывают построение рынка и устанавливают уровень безопасности для медицинских изделий по всей территории ЕС. Каждая из стран ЕС принимает Директивы в качестве национальных законов, как правило, без изменений и дополнений. Есть три основные Директивы. Самая строгая посвящена имплантатам, потому что они контактируют с внутренними органами и тканями — Директива по активным имплантируемым медицинским изделиям 90/385/ЕЕС. Менее жесткие требования предъявляются к медицинским изделиям — Директива по медицинским изделиям 93/42/ЕЕС, и медицинским изделиям для диагностики in-vitro — Директива по медицинским изделиям для диагностики in-vitro 98/79/ЕЕС. Директивы устанавливают общий подход к рынку медицинской продукции, а конкретные требования перечислены в стандартах и руководствах по их применению, которые постоянно эволюционируют.

Руководства — это документы, помогающие правильно использовать и выполнять тот или иной стандарт. Без них работать со стандартами было бы очень сложно.

Стандарты нужны для того чтобы обеспечить безопасность и эффективность медицинской продукции. Они предъявляют требования к учреждениям, регулирующим рынок, к системе обеспечения качества, к процессу изготовления, к производителю, непосредственно к самой продукции и даже к инструкции по ее использованию. Во всех странах ЕС медицинские товары, не соответствующие стандартам, вообще не могут попасть на рынок.

Существует много разных классификаций стандартов. Различают вертикальные и горизонтальные стандарты. В вертикальных изложены общие требования, а в горизонтальных — конкретные. Среди вертикальных стандартов выделяют следующие: международные стандарты (например, стандарты ISO), региональные (например, европейский стандарт, EN), национальные (например, государственные стандарты Украины, ДСТУ), а также отраслевые стандарты.

Для примера приведем стандарты, которые предъявляют требования непосредственно к самому медицинскому изделию, в частности общие (а), конкретные (b) и даже к обозначениям на нем (с).

a. ISO 15883-1:2006, Моюще-дезинфицирующие машины. Часть 1. Общие требования, термины и определения и тесты.

b. ISO 15883-4:2008, Моюще-дезинфицирующие машины. Часть 4. Требования и испытания моюще-дезинфицирующих машин с химической дезинфекцией для термолабильных эндоскопов.

c. ISO 15223-1:2007, Медицинские изделия. Символы, используемые на ярлыках медицинских устройств, при маркировке и в предоставляемой информации. Часть 1. Общие требования.

Примеры следующих стандартов содержат требования к производителю, а именно к системе обеспечения качества на производстве (а), к системе контроля готовой продук-

ции (b) и даже к предоставляемой производителем информации (с).

a. ISO 13485:2003, Изделия медицинские. Системы менеджмента качества. Требования к регулированию.

b. ISO 15198:2004, Клиническая лабораторная медицина. Медицинские изделия для диагностики in vitro. Валидация изготовителем процедур контроля качества, рекомендуемых пользователю.

c. EN 45502-1:2010, Активные имплантируемые медицинские изделия - Часть 1: Общие требования к безопасности, маркировке и информации, предоставляемой производителем.

Соответствие стандартам, согласно Директивам, проверяют специальные учреждения, так называемые органы по сертификации или по оценке соответствия (в англоязычных источниках Уполномоченные органы). На основании их оценки государство допускает товар на рынок. Существуют стандарты, в которых описаны требования как к органам по сертификации, так и к самим процедурам сертификации. Это очень важные стандарты, потому что именно в них прописаны такие требования как: принцип 3-й стороны (независимость от участников рынка, отсутствие коммерческого интереса в принятии решений), квалифицированный персонал, наличие актуальной нормативной базы и аккредитованных испытательных лабораторий. Вот некоторые из них:

- EN 45011:1998, Общие требования к органам, занимающимся сертификацией продукции

- ISO 17021:2006, Оценка соответствия. Требования к органам, которые проводят аудит и сертификацию систем менеджмента.

- ISO/IEC 17050-1:2004, Оценка соответствия. Декларация-соответствия производителя. Часть 1. Общие требования.

Испытательные лаборатории (они могут входить в состав органа по сертификации, но могут быть и независимыми) тоже должны

отвечать определенным стандартам и обеспечивать высокое качество испытаний. В зависимости от видов исследований выделяют три вида лабораторий: измерительные (а), медицинские (b) и референтные (с).

а. ISO/IEC 17025:2005, Общие требования к измерительным и калибровочным лабораториям.

б. ISO 15189:2007, Медицинские лаборатории. Частные требования к качеству и компетентности.

с. ISO 15195:2003, Медицина лабораторная. Требования к референсным измерительным лабораториям.

В свою очередь, орган по аккредитации (в англоязычных источниках Компетентный орган) уполномочивает органы по сертификации и испытательные лаборатории. Орган по аккредитации должен быть государственным, потому что именно государство отвечает за качество жизни граждан. К нему тоже есть свои требования, изложенные в стандартах. Например, такие:

• ISO 17011:2004, Оценка соответствия. Общие требования к органам по аккредитации, аккредитующим органы по оценке соответствия.

• ISO/PAS 17001:2005, Оценка соответствия. Беспристрастность. Принципы и требования.

Существует контроль качества и после того, как продукт попал на рынок. Каждый орган по сертификации несет ответственность за выданную им оценку, поэтому периодически он устраивает перепроверку. Орган по аккредитации тоже время от времени проводит аудит уполномоченных им органов по сертификации.

На этом сфера действия Стандартов не заканчивается. Существуют Стандарты, содержащие общие требования к терминологии, к системам обеспечения качества (при разработке изделия, при его производстве, при проверке, при аккредитации органов по сертификации и даже при работе с жалобами) и т.д.

• ISO 9001:2008, Системы обеспечения качества. Требования.

• ISO 17000:2004, Оценка соответствия. Словарь и основные принципы.

• ISO 10002:2004, Обеспечение качества. Удовлетворенность потребителя. Жалобы.

Таким образом, существуют стандарты, предъявляющие требования к товару на всех этапах, начиная с производства до его потребления. Вот примеры, касающиеся домашних экспресс-тестов:

• EN 13532:2002, Общие требования к медицинским изделиям для диагностики in vitro для самотестирования.

• EN 376:2002, Информация, предо-

комплекс норм, правил и требований к объекту стандартизации. В частности, характеристики продукции, правила и характеристики производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг.

Стандартизация — это деятельность, заключающаяся в установлении положений для всеобщего и многократного применения относительно реально существующих или потенциальных задач с целью достижения оптимальной степени упорядочения в определенной сфере. Результатом стандартизации является повышение степени соответствия продукции, процессов

Глоссарий

Директива — тип законодательного акта ЕС. В отличие от постановления или регламента, инструментов прямого действия, директива вводится через национальное законодательство, но имеет верховенство над национальным правом. Она обязывает государство-члена ЕС в указанный срок принять меры, направленные на достижение определенных в ней целей.

Руководство — документ, содержащий правила, указания или инструкции, устанавливающие порядок и способ выполнения или осуществления чего-либо.

Стандарт — это документ, устанавливающий

Перспективы стандартизации в Украине

Технический комитет 212 (ТК 212) Международной организации по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO) разрабатывает большинство стандартов по медицинским изделиям для диагностики in vitro. В Украине на базе Всеукраинской ассоциации по клинической химии и лабораторной медицине создан ТК 166 — «зеркальный» ТК 212. ТК 166 подал в план стандартизации на 2011 г. 15 стандартов. Приведем основные из них:

• ISO 15193:2009, Медицинские изделия для диагностики in vitro. Количественные измерения в биологических образцах. Требования к референтным методикам проведения исследований.

• ISO 15194:2009, Медицинские изделия для диагностики in vitro. Количественные измерения в биологических образцах. Требования к сертифицированному референтному материалу и содержанию сопроводительной документации.

• ISO 15195:2003, Медицинские лаборатории. Требования референтным измерительным лабораториям.

• ISO 17511:2003, Медицинские изделия для диагностики in vitro. Количественные измерения в биологических образцах. Метрологическая прослеживаемость значений приписанных калибраторам и контрольным материалам.

• ISO 15189:2007, Медицинские лаборатории. Частные требования к качеству и компетентности.

ставляемая изготовителем, о реагентах для диагностики in vitro для самотестирования.

• EN 592:2002, Инструкция по использованию диагностических инструментов in vitro для самотестирования.

• ISO 15197:2003, Оборудование медицинское для диагностики in vitro. Требования к системам текущего контроля глюкозы крови, применяемым для самотестирования при заболевании сахарным диабетом.

Директивы ЕС уже приняты в Украине (подзаконными актами), но большинство стандартов и руководств еще предстоит принять. В ближайшем будущем необходимо создать собственную нормативную базу, максимально приближенную к европейской, организовать лаборатории и компетентные органы по сертификации, а также внедрить европейскую процедуру их аккредитации Национальным агентством по аккредитации Украины. Именно это является залогом повышения качества медицинской продукции, очистки рынка от некачественного товара и его эффективного регулирования. Кроме того, нововведения позволят стране начать процедуру взаимопризнания со странами ЕС и получить разрешение на торговлю с ними по упрощенной схеме, что, в свою очередь, выведет Украину на новый уровень конкурентоспособности.

и услуг их функциональному назначению, устранению барьеров в торговле и содействию научно-техническому сотрудничеству.

Валидация — подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что требования, предназначенные для конкретного использования или применения, выполнены, декларируемые свойства и характеристики подтверждаются, а поставленная цель достигнута.

Сертификация — процесс оценки и подтверждения соответствия качественных характеристик товара требованиям утвержденных нормативных доку-

ментов третьей стороной. Сертификацией занимаются специальные органы, так называемые органы по оценке соответствия или органы по сертификации, которые участвуют в процедуре допуска медицинской продукции на рынок.

Аккредитация — в общем случае это процесс, в результате которого приобретает официальное подтверждение компетенции и соответствия качества предоставляемых услуг определенному стандарту.

Область аккредитации — один вид работы или несколько видов, на выполнение которых аккредитована (уполномочена) конкретная организация.

УДК: 621.318.4:616

Механомагнітохімічний синтез протипухлинних наноконструкцій

¹В.І. Зубчук, ²Е.І. Крючков, ^{1,2}В.Е. Орел,

¹О.Ю. Рихальський*, ³А.Д. Шевченко, ⁴А. П. Бурлака, ⁴С.М. Лукін

¹ - Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

² - Національний інститут раку МОЗ України

³ - Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України

⁴ - Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р. Є. Кавецького НАН України

У роботі розглядається технологія механомагнітохімічного синтезу протипухлинного наноконструкції.

Розроблено структурну схему, конструкцію та виготовлено механомагнітохімічний реактор для синтезу протипухлинного наноконструкції на основі магнітних наночасток Fe_3O_4 з КСІ та доксорубіцину. Проведено спектрофотометричні дослідження, електронно-парамагнітну спектроскопію та магнітні вимірювання наноконструкції з метою оцінки ефектів модифікації доксорубіцину при механомагнітохімічному синтезі та зміни властивостей наноконструкції.

Ключові слова: механомагнітохімічний синтез, реактор, магніточутливий наноконструкція, доксорубіцин, вільні радикали, спектрофотометричний аналіз, електронно-парамагнітна спектроскопія, магнітні вимірювання.

В останнє десятиліття у онкологічній клінічній практиці починають все ширше застосовуватися для діагностики та терапії злоякісних новоутворень наноконструкції (НК) на основі наночасток парамагнітних матеріалів і протипухлинних препаратів, перспективність застосування яких засвідчують експериментальні та клінічні дослідження [1].

На сьогодні найбільшого поширення набула ідея використання НК для лікування злоякісних пухлин, яка полягає у можливості його локальної концентрації за допомогою магнітного поля у патологічній зоні й наступного розігріву тканин за допомогою змінного електромагнітного поля (ЕМП).

Інша ідея застосування НК у клінічній практиці полягає у можливості цілеспрямованої доставки медичних препаратів. В даному випадку необхідно, щоб препарат був зв'язаний із магнітним носієм, наприклад, магнітними наночастками Fe_3O_4 . Для підвищення біодоступності НК до патологічного вогнища теж доцільно використовувати локальне/регіонарне електромагнітне опромінення радіочастотного діапазону, яке суттєво збільшує потік крові в області пухлини і, як наслідок, покращує протипухлинну дію препарату. Однак технологія синтезу магніточутливих НК ще не є досконалою й потребує детального вивчення.

*Для листування: Рихальський Олександр Юрійович, e-mail: alex@kpi.ua

Серед основних проблем, що стримують широке впровадження в клінічну практику комплексного лікування онкологічних хворих з використанням магніточутливих НК при локальному розігріві тканин змінним ЕМП можна зазначити: незначна поверхнева селективність мікро- і наночасток між злоякісними та нормальними клітинами, негативний вплив сильних електромагнітних полів на тканини і органи; побічні ефекти накопичення НК в інших тканинах та органах [2].

Метою даної роботи є розробка та дослідження технології механомагнітохімічного синтезу (ММХС) НК та відповідного реактору для її реалізації.

Розробка конструкції реактору для реалізації механомагнітохімічного синтезу наноконструкцій

Найбільш близькою до механомагнітохімічної технології, що розробляється, є технологія механохімічного синтезу, яка базується на активації механохімічних реакцій у речовині чи композиті внаслідок механічного впливу [3]. При механохімічних реакціях, індукованих процесами механічного удару, або внаслідок контактної електризації зростає число парамагнітних центрів з вільними радикалами, які є активними протипухлинними факторами впливу на злоякісні новоутворення [4].

Механомагнітохімічна технологія — це метод синтезу протипухлинного НК, який базується на інтеграції двох складових: механохімії та одночасного електромагнітного опромінення. Іншими словами, технологія ММХС полягає у механохімічній активації та електромагнітному опроміненні композиту магнітних мікро- та наночасток і протипухлинного препарату. Для цих цілей був розроблений реактор (рис.1), що складається із наступних структурних блоків: високо-

частотного генератора (ВЧ-генератор) (1), механохімічного реактору (2), частотоміра (3), пульта керування (4).

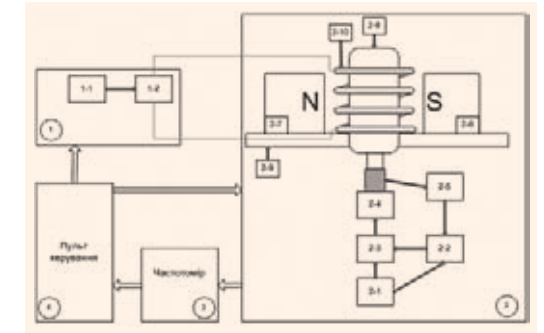


Рис. 1. Структурна схема реактору для ММХС

За допомогою ВЧ-генератора ініціюється електромагнітне опромінення наноконструкції. До складу ВЧ-генератора входить блок живлення (1-1), блок генерації сигналу (1-2). Контроль за частотою сигналу, що генерується, здійснюється за допомогою частотоміру (3).

Механохімічний реактор має наступну конструкцію: аплікатор (2-10) встановлено на спеціальній підставці (2-9), яка розташована на верхній панелі самого реактору. В центрі та всередині аплікатора розташовується камера (2-8), в якій здійснюється безпосередній синтез НК. В центрі, один навпроти одного, біля аплікатора розташовуються постійні магніти різної полярності (2-6 та 2-7) по відношенню до камери, які утворюють постійне магнітне поле. Камера механічно зв'язана із лінійним двигуном (2-4), який забезпечує коливання камери із заданою частотою. Частота коливання камери задається через блок керування (2-2), який може корегувати процес управління підсилювачем потужності (2-3) лінійного двигуна в залежності від показань датчика положення (2-5). Живлення

всіх елементів реактора забезпечується його власним блоком живлення (2-1).

Керування реактором здійснюється через пульт керування (4).

Методика активації та синтезу магніточутливого нанокompозиту

В роботі проводилось дослідження магніточутливого НК на основі наночастинок Fe_3O_4 з КСІ, діаметром 20–40 нм, отриманих із застосуванням технології *електронно-променевого випаровування й конденсації у вакуумі неорганічних матеріалів* [5] та протипухлинного препарату доксорубіцину (ДР).

Для використання Fe_3O_4 з КСІ в експерименті його попередньо очищували від надлишку КСІ. Методика очищення була наступною: 500 мг Fe_3O_4 з КСІ розчиняли в 5 мл дистильованої води та інкубували на водяній бані при постійному помішуванні. Потім проводили центрифугування отриманого розчину при 3000 об/хв і зливали надосадову рідину. Осад знову розчиняли в 5 мл дистильованої води, інкубували на водяній бані та центрифугували. Дану процедуру повторювали 3 рази. Отриманий очищений Fe_3O_4 з КСІ висушували в термостаті за температури 60 °С.

Процедуру активації препарату або синтез проводили наступним чином. В активаційну камеру реактора поміщали або препарат, або суміш ДР та наночастинок і три кульки, виготовлені із сталі 12X18H9T, які й відігравали безпосередню активуючу роль для препарату, забезпечуючи його модифікацію внаслідок механічного удару. Механо- або механомагнітохімічну активацію чи синтез проводили при одночасному підведенні механічної енергії 20 Вт/г з частотою коливання камери 30 Гц й дії електромагнітного поля (ЕМП) 40 МГц з вихідною потужністю 75 Вт та

постійного магнітного поля 1900 А/м. Синтезований НК розчиняли у дистильованій воді або фізіологічному розчині (0,9% NaCl).

Дослідження спектрофотометричних характеристик магніточутливого нанокompозиту

Спектрофотометричні дослідження НК на основі магнітних наночастинок Fe_3O_4 з КСІ та ДР в оптичному діапазоні були проведені для оцінки ефектів модифікації молекул ДР при ММХС. Для цього використовувався апарат NanoDrop 1000 («Thermo Scientific», США). Спектральні залежності значення коефіцієнту екстинкції, який характеризує ослаблення пучка світла в речовині за рахунок сумісної дії поглинання та розсіювання світла, вимірювались по відношенню до дистильованої води.

Під час проведення досліджень було помічено, що достатньо велика частина ДР і наночастинок після ММХА залишаються на поверхні камери, у якій проводиться синтез чи активація. За оціночними даними при використанні камери із полімерних матеріалів на її поверхні сорбується порядку 30% ДР, що не переходить у розчин. Для компенсації ефектів сорбції ДР внаслідок процедури активації пропонується вводити корективи в сторону збільшення концентрації ДР у НК.

Спектр екстинкції синтезованого НК із ДР та Fe_3O_4 з КСІ з розрахунковою концентрацією ДР 1,33 мг/мл у вихідному розчині порівняли до спектру офіційного ДР із такою ж концентрацією. Значення коефіцієнту екстинкції ДР в ультрафіолетовій частині спектру мали відносно великі флуктуації, що було пов'язано з кінцевим значенням роздільної здатності спектрофотометру. Тому концентрацію ДР у розчині оцінювали за допомогою коефіцієнту

екстинкції при λ - 481 нм. В результаті проведення експерименту було встановлено, що концентрація ДР у надосадовому розчині НК була значно менша, ніж у контрольному розчині ДР в середньому на 35 – 50 %. Дане явище могло безпосередньо вказувати на сорбцію ДР наночастиками Fe_3O_4 .

Однак, для реалізації протипухлинної дії НК повинен у паталогічній зоні дисоціювати на медичний препарат та його носій. Враховуючи це, було проведено два додаткових досліди: 1) на розчин синтезованого НК після механомагнітохімічної активації (ММХА) діяли змінним ЕМП з частотою 40 МГц та потужністю 100 Вт, що могло спричинити появу явища магнітострикції у наночастиках та внаслідок цього ініціювати десорбцію ДР від наночастинок; 2) дія на розчин композиту ультразвуком (УЗ) за допомогою апарату УЗДН-А (Україна), що могло спричинити вихід ДР із наночастинок внаслідок механічних коливань. Результати спектральних досліджень коефіцієнту екстинкції зразків даних груп наведені на рис. 2.

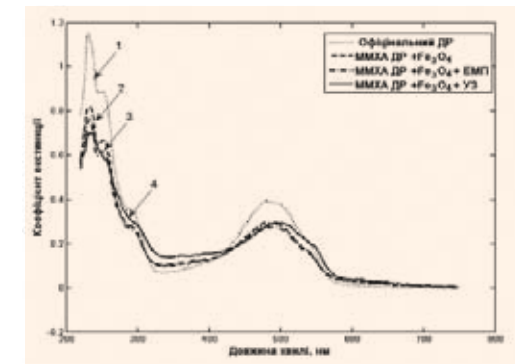


Рис. 2. Спектри екстинкції ДР (1) та НК ДР і Fe_3O_4 з КСІ після ММХА без (2) та з наступною дією ЕМП (3) та УЗ (4)

Аналізуючи дані на рис. 2, слід зазначити, що спектри екстинкції для НК ДР і Fe_3O_4 з КСІ після ММХА без та з наступ-

ною дією ЕМП та УЗ майже не відрізнялися, і вплив на розчин НК за допомогою ЕМП та УЗ не збільшує концентрацію ДР у вихідному розчині.

Для диференціації безпосереднього ефекту впливу механохімічної та механомагнітохімічної активації на ДР були проведені спектрофотометричні дослідження трьох груп: 1 група – офіційний ДР; 2 група – механохімічно активований (МХА) ДР; 3 група – ММХА ДР.

Отримані залежності значень коефіцієнту екстинкції від концентрації офіційного, МХА та ММХА ДР у досліджуваних розчинах наведено на рис. 3.

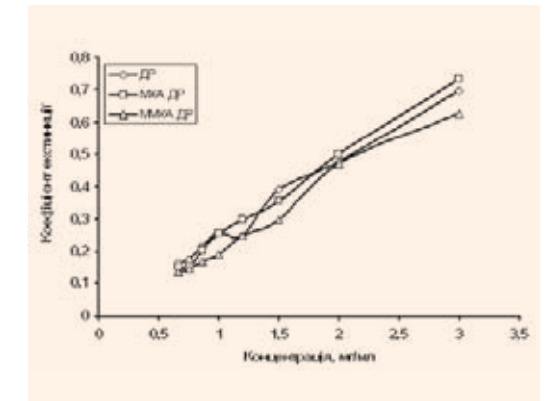


Рис. 3. Залежності коефіцієнту екстинкції ДР, МХА та ММХА ДР від концентрації розчину при λ = 481 нм

Наведені на рис. 3. залежності прямують до лінійних із середнім коефіцієнтом кореляції між лінійною апроксимацією та експериментальними даними $R = 0,989$. З цього випливає, що коефіцієнт екстинкції можна використовувати для оцінки концентрації ДР у розчині. Рівняння апроксимуючих прямих залежностей коефіцієнту екстинкції від концентрації розчину наведено у табл. 1, де k – коефіцієнт екстинкції, C – концентрація ДР у розчині.

Таблиця 1

Результати лінійної апроксимації залежностей коефіцієнту екстинкції від концентрації розчину

Група	Рівняння апроксимуючої прямої	R ²
1. ДР	$k = 0,232C + 0,011$	0,986
2. МА ДР	$k = 0,252C - 0,016$	0,996
3. ММХА ДР	$k = 0,221C - 0,019$	0,986

Характер залежностей, зображених на рис. 3, та відповідних їм рівнянь ліній апроксимації не дають в повній мірі оцінювати модифікацію ДР в результаті процедури МХА та ММХА, оскільки значення коефіцієнтів екстинкції зразків усіх 3 груп мали невеликі розбіжності, які були зумовлені методичною похибкою експерименту. Тому, для аналізу спектрів екстинкції ДР було вирішено ввести додаткові параметри окрім локального максимуму екстинкції при довжині хвилі $\lambda_3 = 481$ нм в діапазоні довжин хвилі 400-600 нм: локальні максимуми, які відповідали довжині хвилі $\lambda_1 = 232$ нм та $\lambda_2 = 250$ нм і локальний мінімум при довжині хвилі $\lambda_{\min} = 334$ нм. Оскільки в результаті процедур МХА та ММХА змінювалися амплітудні значення коефіцієнтів екстинкції, то для оцінки модифікації молекул ДР використовували відношення λ_i/λ_{\min} , де $\lambda_i = \lambda_1, \lambda_2$ або λ_3 . Залежність відношення λ_3/λ_{\min} від концентрації ДР у розчині наведено на рис. 4.

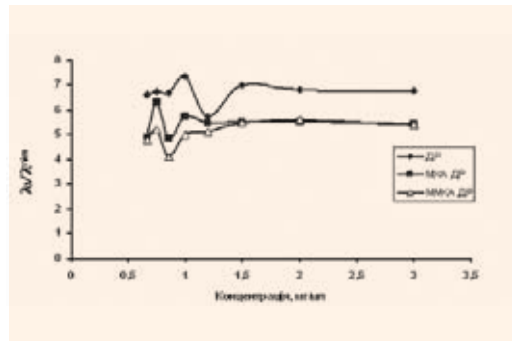


Рис. 4. Залежності відношення λ_3/λ_{\min} від концентрації у розчинах офіційного ДР, МХА та ММХА ДР

Аналізуючи наведені на рис. 4 графіки, можна відмітити, що при концентраціях ДР в межах 1,5 – 3 мг/мл у розчинах усіх 3 груп, відношення λ_3/λ_{\min} є постійним і не залежить від концентрації. При концентраціях ДР у вихідних розчинах менше 1,5 мг/мл спостерігаються вже достатньо суттєві коливання відношення λ_3/λ_{\min} в залежності від концентрації.

Самі криві для ДР після МХА та ММХА мали достовірно менше значення λ_3/λ_{\min} у порівнянні із кривою офіційного ДР, що свідчило про зміну спектральних характеристик розчинів активованого ДР і, як наслідок, модифікацію молекул ДР. Проте, слід провести додаткові дослідження щоб мати змогу однозначно судити про збільшення або зменшення протипухлинної активності МХА або ММХА ДР.

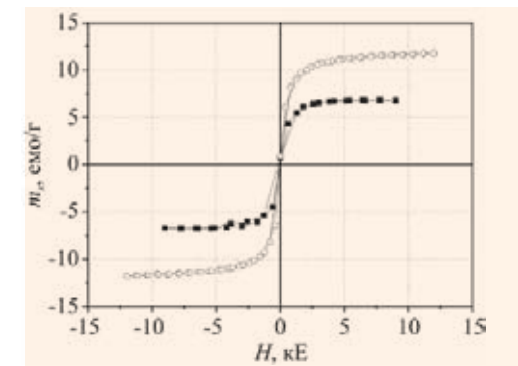
Таблиця 2.

Магнітні характеристики нанокompatитів

Об'єкт дослідження	Магнітний момент насичення m_s , емо/г	Напруженість магнітного поля для m_s H_{ms} , Е	Коерцитивна сила H_c , Е
ДР офіційний (без впливу)	діамагнетик мінус 0,200	—	—
Fe ₃ O ₄ з КСІ + ДР (МХС)	6,777	7714	78,951
Fe ₃ O ₄ з КСІ + ДР (ММХС)	11,781	12000	45,659

Магнітні характеристики нанокompatиту

Магнітні характеристики препарату досліджували методом магнітометрії на вібраційному магнітометрі «Vibrating Magnetometer 7404 VSM» (фірма «Lake Shore Cryotronics, Inc.», США) в магнітних полях з напруженістю до 13 кЕ. Чутливість магнітометра складала 10^{-7} емо, що дозволяло виконувати виміри магнітного моменту на зразках вагою до одиниць міліграм.



- – Fe₃O₄ з КСІ + ДР (після МХС)
- – Fe₃O₄ з КСІ + ДР (після ММХС)

Рис. 5. Петлі гістерезису при 300 °К

Аналіз наведених в табл. 2 та на рис. 5 магнітних характеристик свідчить, що механохімічний синтез (МХС) і ММХС збільшували магнітний момент насичення m_s досліджених зразків. Після МХС і ММХС НК набуває властивостей з типовою для магнітомагнітного феромагнетика кривою гістерезису.

Електронно-парамагнітна спектроскопія нанокompatиту

Для визначення стабільних вільних радикалів досліджували спектри

електронно-парамагнітної спектроскопії (ЕПР), які реєстрували на модернізованому спектроскопі марки PE1307 (ЗЕПС АН) за температури рідкого азоту (77 °К) в циліндричному резонаторі з модою Н011, на частоті близько 9,15 ГГц. Потужність надвисокочастотного випромінювання складала 40 мВт. Використовували модуляцію магнітного поля частотою 100 кГц. Пробу розміщували у кварцовому дьюарі з внутрішнім діаметром 4,5 мм. Об'єм проби складав 500 мл.

Таблиця 3

Вимірювання концентрації вільних радикалів

Об'єкт дослідження	Концентрація вільних радикалів, С, мг ⁻¹
ДР офіційний (без обробки)	$5 \cdot 10^{17}$
Fe ₃ O ₄ з КСІ + ДР (МХС)	$3 \cdot 10^{20}$
Fe ₃ O ₄ з КСІ + ДР (ММХС)	$1 \cdot 10^{21}$

Наведені в табл. 3 дані свідчать, що в досліджених зразках концентрація вільних радикалів корелює з магнітним моментом насичення і синтез НК в умовах МХС і ММХС збільшував концентрацію вільних радикалів.

Висновки

У даній роботі було розроблено структурну схему, конструкцію та виготовлено механомагнітохімічний реактор для синтезу протипухлинного нанокompatиту. Проведені випробування та пілотні дослідження механомагнітохімічного реактору свідчать про перспективність наступних доклінічних досліджень механохімічно синтезованих нанокompatитів на основі Fe₃O₄ з КСІ та протипухлинного пре-

парату доксорубіцину за умов введення корекції в концентрацію доксорубіцину у нанокompозиті через можливі ефекти його сорбції наночастинками та поверхнею робочої камери під час синтезу або активації препарату. Проведені спектрофотометричні дослідження механомагнітохімічно активованого доксорубіцину свідчать про модифікацію його молекул внаслідок процедури активації, але необхідно провести додаткові дослідження щодо більш детального вивчення впливу змін властивостей активованого доксорубіцину на його протипухлинну активність. Виходячи із результатів магнітних вимірювань, нанокompозит після механомагнітохімічного синтезу набуває властивостей із близькою до магнітот, якого феромагнетика кривою гістерезисну. Дані, отримані за допомогою електронно-парамагнітної спектроскопії свідчать про те, що механохімічний та механомагнітохімічний синтез збільшує концентрацію вільних радикалів у розчині нанокompозиту, що покращує його протипухлинну активність.

Література

1. Targeted magnetic iron oxide nanoparticles for tumor imaging and therapy / X. H. Peng, X. Qian, H. Mao [et al.] // *Int. J. Nanomedicine*. — 2008. — Vol. 3, N 3. — P. 311–321.
2. Intracranial thermotherapy using magnetic nanoparticles combined with external beam radiotherapy: results of a feasibility study on patients with glioblastoma multiforme / K. Maier-Hauff, R. Rothe, R. Scholz [et al.] // *J. Neur. Oncol.* — 2006 — Vol. 81, N 1. — P. 53–60.
3. Wetting properties of silicon films from alkyl-passivated particles produced by mechanochemical synthesis / M. J. Fink, S. Hallmann, B. S. Mitchell // *Journal of Colloid and Interface Science*. — 2010. — Vol. 348. — P. 634–641.
4. Mechanochemically activated doxorubicin nanoparticles in combination with 40 MHz frequency irradiation on A-549 lung carcinoma cells / V. Orel, Y. Kudryavets, N. Bezdenezhnikh [et al.] // *Drug Delivery*. — 2005. — Vol. 12. — P. 171–178.
5. Мовчан Б.А. Электронно - лучевая нанотехнология и новые материалы в медицине — первые шаги // *Вісн. фармакол. і фармації*. — 2007. — № 12. — С. 5–13.

Друга міжнародна конференція «Біомедична інженерія і технологія»

З 17 по 18 березня 2011 року в НТУУ «КПІ» пройшла Друга Міжнародна конференція «Біомедична інженерія і технологія», організаторами якої виступили Всеукраїнська асоціація біомедичних інженерів і технологів та Міжуніверситетський медико-інженерний факультет (ММІФ) НТУУ «КПІ».

Конференція зібрала понад 150 учасників з науково-дослідних інститутів, університетів і клінічних лікарень як України, так і різних країн Європи і світу. Особливо

активно в конференції прийняли участь гості з факультету Біомедичної інженерії Технічного університету Праги (Чеська республіка), а також з Канади, Сполучених штатів, Росії.

Основною метою конференції було презентувати досягнення медико-технічних розробок українських вчених та фахівців — інженерів та медиків з метою їх подальшого впровадження в медичну практику, а також обговорити актуальні питання біомедичної інженерії, інформатики, біокібернетики і телемедицини.

Значну допомогу в організації конференції надали компанії «Матеріалайз» та «Нестле-Україна».

Mechanomagnetochemical synthesis of antitumor nanocomposite

V. Zubchuk, PHD, E. Kruchkov, PHD, V. Orel, Sc.D., O. Rykhalskyi, A. Shevchenko, Sc. D., A. Burlaka, Sc. D, S. Lukin, Sc. D

In this work is considered mechano-magnetochemical synthesis technology of antitumor nanocomposite for cancer therapy, a flow diagram is developed, and made a mechanomagnetochemical reactor for the synthesis of nanocomposite for cancer therapy on the basis of magnetic nanoparticles of Fe_3O_4 with KCl and doxorubicin. With the purpose of estimation of possible doxorubicin modification effects after mechanomagnetochemical synthesis were made spectrophotometric researches, Paramagnetic electron spectroscopy and magnetic measurements of nanocomposite in optical range.

Keywords: mechanomagnetochemical synthesis, reactor, magnetosensitive nanocomposite, doxorubicin, free radicals, paramagnetic electron spectroscopy, magnetic measurements

Механомагнітохімічний синтез протипухлевих нанокompозитів

¹В. И. Зубчук к.т.н., ²Е.И. Крючков, к. т. н., ^{1,2}В.Э. Орел, д. б. н., ¹А. Ю Рыхальский, ³А. Д. Шевченко д.т.н., ⁴А. П. Бурлака д.б.н., ⁴С. М. Лукін д. ф.-м.н.

В работе рассматривается технология механомагнітохімічного синтезу протипухлевого нанокompозита. Разработана структурная схема, конструкция, а также изготовлен механомагнітохімічний реактор для синтезу протипухлевого нанокompозита на основе магнітних наночастиц Fe_3O_4 с KCl и доксорубіцином. Проведены спектрофотометрический исследования, электронно-парамагнітная спектроскопия и магнітныe измерения нанокompозита с целью оценки модификации доксорубіцином при механомагнітохіміческом синтезе, а также изменения свойств нанокompозита.

Ключевые слова: механомагнітохімічний синтез, реактор, магніточувствительный нанокompозит, доксорубіцин, свободные радикалы, спектрофотометрический анализ, электронно-парамагнітная спектроскопия, магнітныe измерения.

Подія березня

Доповідь Героя України, акад. Г.В. Книшова, директора Національного інституту серцево-судинної хірургії ім. М. Амосова була пронизана духом патріотизму та бажання розвивати в нашій країні медицину, біомедичну інженерію та прикладні аспекти їх застосування.

На фото зліва направо: Г.В. Книшов; М.З. Згуровський, академік НАНУ (1995) і НАПНУ, ректор НТУУ «КПІ»; В.Б. Максименко, проф., д.мед. наук, декан ММІФ



УДК 621:620.1.05(31)

Методы исследования деформационной надежности систем остеосинтеза конечностей человека

Н.С. Шидловский

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Обобщены и систематизированы методы определения биомеханических характеристик систем фиксации переломов костей и аппаратов, используемых для лечения повреждений суставов. В качестве критериев качества приняты жесткости систем «кость -аппарат» в целом и взаимные смещения отломков костей.

Ключевые слова: биомеханика, нижние конечности, деформации, жесткость фиксации, остеосинтез, натурное моделирование.

Развитие методов оперативного лечения травм опорно-двигательного аппарата (ОДА) человека является одной из главных задач современной травматологии. Разработка и применение новых систем остеосинтеза (СО) обеспечивает надежную фиксацию переломов любой степени сложности [1-3 и др.].

Исследованиям СО уделяется самое пристальное внимание со стороны как хирургов - травматологов, так и специалистов в области экспериментальной механики. Тем не менее, остается не решенным ряд вопросов, связанных, в первую очередь, с выбором оптимальных СО для фиксации определенных типов переломов. Не достаточно полно решена задача определения характеристик жесткости традиционных и новых СО с учетом различных биомеханических факторов (взаимного расположения частей ОДА, характера действующих извне нагрузок и др.). Отсутствуют простые и надежные (и в то же время достаточно универсальные) системы, которые моделируют реальные нагрузки, действующие на ОДА, и одновременно измеряют деформации испытываемого препарата (взаимные смещения костей и фрагментов переломов).

Цель работы: разработка и апробация методики измерения деформаций и взаимных перемещений, возникающих в процессе действия внешних нагрузок на конечности человека; создание способа позиционирования стопы в различных анатомических положениях относительно голени (углы наклона и ротации) с одновременным действием длительных и циклически прикладываемых нагрузок; натурные испытания неповрежденных препаратов и объектов с повреждениями костей или суставов.

Исследуемые объекты. В наших экспериментах использовались анатомические препараты конечно-

стей трупов людей, умерших от повреждений и заболеваний, не связанных с патологией опорно-двигательного аппарата [4]. После моделирования переломов последние скреплялись различными элементами фиксации (ЭФ) и аппаратами фиксации (АФ). Типы устройств фиксации переломов и шарнирно-дистракционных аппаратов приведены в табл.1. Выбор биологических объектов, ЭФ и АФ осуществляли хирурги, участвовавшие в исследованиях. При этом преимущество отдавалось практически наиболее важным и наименее исследованным системам.

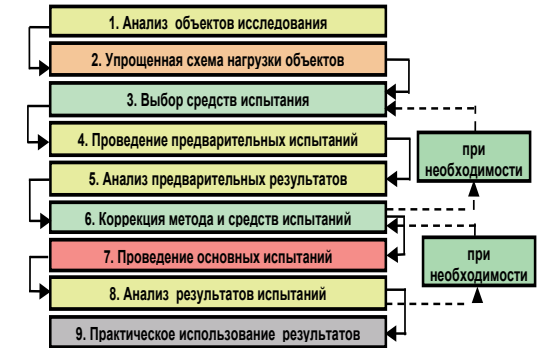


Рис. 1. Схема определения биомеханических характеристик систем остеосинтеза

Таблица 1. Объекты исследования и их основные функции.

Тип АФ или ЭФ	Конструкция	Объект лечения	Функция АФ или ЭФ
Тип 1. Стержневые аппараты внешней фиксации	односторонние и двухсторонние, одноплоскостные и двухплоскостные	большеберцовые кости	консолидация переломов при воздействии дистракционных, компрессионных, изгибных и ротационных нагрузок
	с дугообразными штангами		
Тип 2. Элементы внутренней фиксации костей стопы	спицы Киршнера	таранные и пяточные кости	консолидация переломов при воздействии дистракционных и компрессионных нагрузок
	самонарезные винты		
	зубчатые пластины		
Тип 3. Элементы внутренней фиксации с применением металлоостеосинтеза	угловая пластина	вертельная область бедренной кости	консолидация переломов при воздействии изгибных и компрессионных нагрузок
	фиксатор DHS		
	эндопротез		
Тип 4. Шарнирно - дистракционные аппараты	односторонний	проксимальные межфаланговые и пястно-фаланговые суставы пальцев	разгрузка суставов с сохранением их подвижности
	двухсторонний		
Тип 5. Шарнирно - дистракционные аппараты внешней фиксации		локтевые суставы	разгрузка суставов с сохранением их подвижности, фиксация костных отломков

Испытательное оборудование. Испытания систем остеосинтеза конечностей человека проведены нами по единой схеме, изображенной на рис.1.

Эксперименты проводили с использованием универсальных испытательных машин серии TIRA-test. Растяжение, сжатие или изгиб препаратов осуществляли с применением различных программ, вводимых в микропроцессоры машин. Реализованы режимы кратковременного (однократного) нагружения и

циклического деформирования препаратов. Относительная ошибка измерений нагрузки не превышала 1% от измеряемой величины.

Способы закрепление препаратов.
Способ 1. Закрепление винтовым захватом. Для создания осевых растягивающих и сжимающих нагрузок был изготовлен специальный захват в виде полого ступенчатого цилиндра (рис.2а). В стенках цилиндра просверлены 6 отверстий для закручивания винтов с заостренными концами. Концы винтов

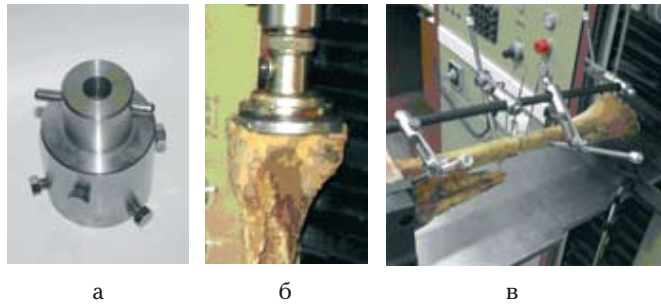


Рис. 2 — Захват в виде полого цилиндра для передачи на кость дистракционных, компрессионных и изгибных нагрузок (а); тарельчатая пластина для создания компрессионных нагрузок (б); препарат (большеберцовая кость с закрепленным стержневым аппаратом фиксации переломов), размещенный на рабочем столе испытательной машины (в)

при закручивании проникают в поверхностный слой кости и закрепляют ее. Верхняя часть захвата жестко прикреплена к динамометру испытательной машины.

При испытаниях на изгиб препарат горизонтально размещали на рабочем столе испытательной машины (рис.2в). Кость свободным торцом прикрепляли к вертикальной стойке, жестко связанной с подвижной траверсой. Нагрузку на свободный конец кости передавали через жесткий металлический стержень.

Способ 2. Передача нагрузки через тарельчатую пластину. Создания осевых сжимающих нагрузок производили с помощью тарельчатой пластины (рис.2б), которую с помощью самонарезных шурупов закрепляли на выровненном торце фрагмента кости. Усилия передавали через подвижный шарнир, который компенсировал возможную перпендикулярность между осью нагрузки и плоскостью торца фрагмента кости.

Для приложения компрессионных нагрузок при испытаниях ЭФ, предназначенных для закрепления переломов таранной и пяточной кости (ЭФ типа 2), нижнюю часть стопы жестко крепили на подвижном столе испытательной машины. Для проведения экспери-

ментов при различных углах наклона ступни между подвижным столом испытательной машины и стопой размещали устройство для фиксации углов, описанное ниже.

Способ 3. Четырехточечное закрепление бедренной кости (рис.3). Для фиксации указанных препаратов при действии изгибающих нагрузок были отформованы индивидуальные для каждой кости точечные опоры, которые изготавливали из костного цемента, применяемого в хирургических операциях. Последовательность изготовления точечных опор изображена на рис.3а - 3в. Опоры вместе с костью размещали между губками струбцины, жестко прикрепленной к рабочему столу испытательной машины (рис.3г).

Способ 4. Опора на профилированную платформу (рис.4). Для равномерного

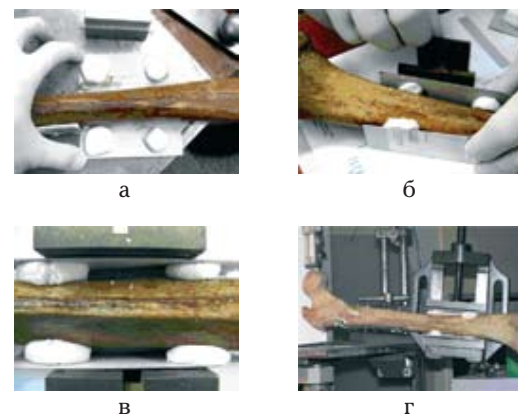


Рис. 3 — Последовательность изготовления точечных опор (а, б, в); бедренная кость, закрепленная на рабочем столе испытательной машины (г)

распределения сил между отростками бедренных костей при осевых компрессионных нагрузках для каждого препарата индивидуально были изготовлены опоры из костно-

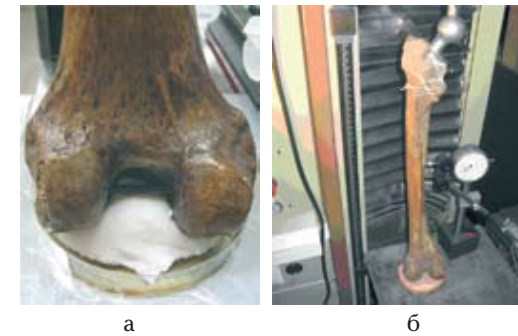


Рис. 4 — Формование нижней опоры для испытаний бедренной кости при компрессионных нагрузках (а); размещение препарата на рабочем столе испытательной машины (б)

го цемента, которые повторяли форму отростков (рис.4а).

После установки кости в вертикальном положении подготавливали поверхность, на которой будет формироваться опора. Кость, вертикально закрепленную в струбцине, помещали в цементную массу и выдерживали 5-8 мин. до затвердевания цемента.

Образец вместе с изготовленной нижней опорой размещали в вертикальном положении между динамометром и рабочим столом испытательной машины (рис.4б) и производили испытания при сжимающих нагрузках.

Способ 5. Передача растягивающей нагрузки через тяги. Указанный способ использован для исследования деформаций, возникающих при растяжении межфаланговых и пястно-фаланговых суставов кисти, а также для исследования жесткости локтевых и голеностопных суставов, снабженных шарнирно - дистракционными аппаратами ШДА (табл.1, тип 4 и 5). В качестве примера на рис.5 изображена схема передачи нагрузок при испытаниях ШДА, применяемых для лечения суставов пальцев руки.

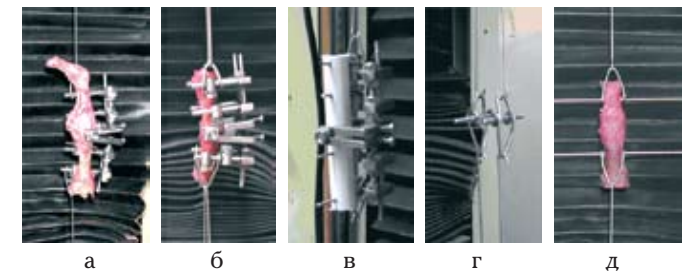


Рис. 5 — Аппарат односторонней фиксации, закрепленный на пястно-фаланговом суставе (а); аппарат двухсторонней фиксации, закрепленный на проксимальном межфаланговом суставе (б); жесткое тело с закрепленным на нем АФ (в); тяги с жесткими стержнями (г); пястно-фаланговый сустав с тягами (д)

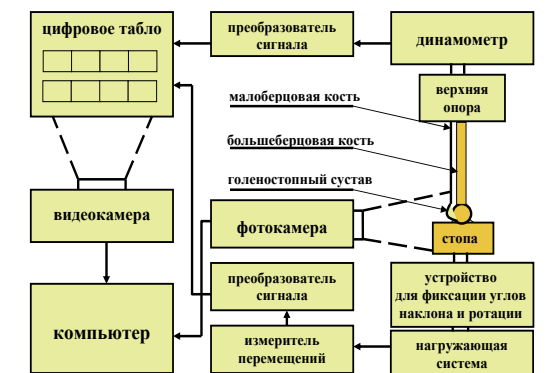


Рис. 6 — Блок-схема системы для исследования биомеханических характеристик нижних конечностей

верхней подвижной пластине, которая может изменять угол наклона относительно промежуточной пластины (рис. 7).

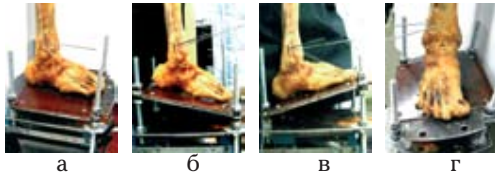


Рис. 7 — Различные положения стопы при испытаниях: а — нейтральное положение; б — подошвенное сгибание; в — дорсальное сгибание; г — супинация

Для изменения угла наклона служат четыре резьбовых стержня, неподвижно закрепленные по углам промежуточной пластины в вертикальном положении. Угол наклона верхней пластины и, соответственно наклон закрепленной стопы, можно изменять, регулируя высоту опорных гаек. Промежуточная пластина вместе со стопой может поворачиваться вокруг оси, закрепленной на нижней пластине. Заданный угол поворота фиксируется стопорными винтами, скрепляющими промежуточную и нижнюю пластину. Таким образом, описанное устройство позволяет испытывать нижнюю конечность человека при различных положениях стопы (табл.2): в нейтральном положении (рис.7а); в положении подошвенного сгибания и дорзифлексии

(рис.7б и 7в); в положении пронации или супинации (рис.7г); в положении эверсии или инверсии.

Результаты испытаний. *СтАВФ типа 1.* На большеберцовых костях производили поперечную остеотомию (моделировали простые поперечные и сложные сегментарные переломы). После этого выполняли остеосинтез с помощью СтАВФ различных типов [5] с использованием стержней, изготовленных из нержавеющей стали.

Препарат располагали горизонтально на подвижном столе испытательной машины и подвергали изгибу. В процессе испытаний измеряли величины взаимных перемещений отломков кости. В табл.3 приведены величины модулей суммы векторов смещений костных отломков, по отношению к приложенной нагрузке.

ЭФ типа 2. Фиксацию отломков производили спицами Киршнера, самонарезными полыми винтами (для таранной кости), специальными пяточными зубчатыми пластинами (для пяточной кости) и аппаратом Илизарова. Нагрузку на стопу передавали через большеберцовую кость и закрепленный на ней винтовой захват (способ 1). По результатам измерения перемещений реперных точек отломков таранной и пяточных костей были рассчитаны их удельные смещения (табл.3, раздел 2).

Таблица 2.

Характеристики основных режимов испытаний препаратов

Режим нагружения препарата	Положение стопы	Характеристики режимов кратковременного деформирования	Характеристики режимов циклического нагружения
1. Сжатие вдоль продольной оси большеберцовой кости (голена). 2. Изгиб в сагиттальной плоскости.	1. Нейтральное. 2. Подошвенное или дорсальное сгибание на угол ± 300 . 3. Пронация на угол 150 или супинация на угол 300. 4. Эверсия на угол 150, инверсия на угол 200. 5. Комбинированное положение (сочетание положений 2, 3 и 4).	1. Скорость до 50 мм/мин. 2. Общая деформация препарата при сжатии до 3 мм, при изгибе до 10 мм. 3. Нагрузка до 1200 Н. Регистрация диаграмм графическая на принтере или видеокамерой с последующей расшифровкой.	1. Минимальные и максимальные за цикл нагрузки до 50 Н и до 800 Н соответственно. 2. Время выдержки препаратов при минимальной и максимальной за цикл нагрузках от 1 с и выше. 3 Число циклов до нескольких тысяч. Регистрация перемещений видеокамерой или фотокамерой

Таблица 3

Деформационные характеристики различных систем А-К.

Анатомический препарат	Система фиксации	Вид деформирования и диапазон нагрузок	Удельная деформация $\times 10^3$, мм/Н	Обозначения в предыдущей колонке
1. Стержневые аппараты внешней фиксации (тип 1)				
Большеберцовая кость	односторонний одноплоскостной	Изгиб консольно закрепленной кости в сагиттальной плоскости, 20 ... 100 Н	3.45 / 2.35	поперечные переломы / сегментарные переломы
	односторонний двухплоскостной		1.86 / 1.18	
	двухсторонний одноплоскостной		0.89 / 0.86	
	двухсторонний двухплоскостной		1.48 / 2.87	
	с дугообразными штангами		1.92 / 1.62	
2. Элементы внутренней фиксации костей стопы (тип 2)				
Таранная кость	самонарезные винты	Сжатие, 100 ... 500 Н	1.70 / 4.12	нагрузка 100 Н / нагрузка 500 Н
	аппарат Илизарова		3.90 / 6.14	
	спицы Киршнера		6.00 / 10.5	
Пяточная кость	зубчатые пластины		6.40 / 9.34	
	аппарат Илизарова		12.8 / 12.0	
	спицы Киршнера	14.8 / 15.7		
3. Элементы внутренней фиксации с применением металлоостеосинтеза (тип 3)				
Бедренная кость	угловая пластина	Изгиб, 10 ... 50 Н	9.70 / 12.1	деформации системы А-К / смещения отломков
	фиксатор DHS		18.7 / 17.4	
	эндопротез		7.52 / 3.21	
4. Компрессионно-дистракционные шарнирные аппараты (тип 4)				
Межфаланговые суставы	аппарат с двухсторонней фиксацией	Растяжение,	14.0 / 22.9	деформации системы А-К / деформации суставов
Пястно-фаланговые суставы	аппарат с односторонней фиксацией	20 ... 100 Н	25.9 / 69.4	
5. Шарнирно - дистракционные аппараты внешней фиксации (тип 5)				
Локтевой сустав	стержневой аппарат	Растяжение, 20 ... 300 Н	26.2 / 8.21	деформации системы А-К / деформации АФ

Системы А-К с ЭФ типа 3. На бедренных костях моделировали сложные переломы в вертельной области (вблизи бедренного сустава). Препараты фиксировали стандартными угловыми пластинами, фиксаторами типа DHS и эндопротезами. Препараты закрепляли на подвижном столе

испытательной машины в горизонтальном (способ 3) или в вертикальном (способ 4) положениях.

Системы А-К с ШДА типа 4. В соответствии со схемой, представленной на рис.8, испытания систем этого типа выполняли в 4 этапа.

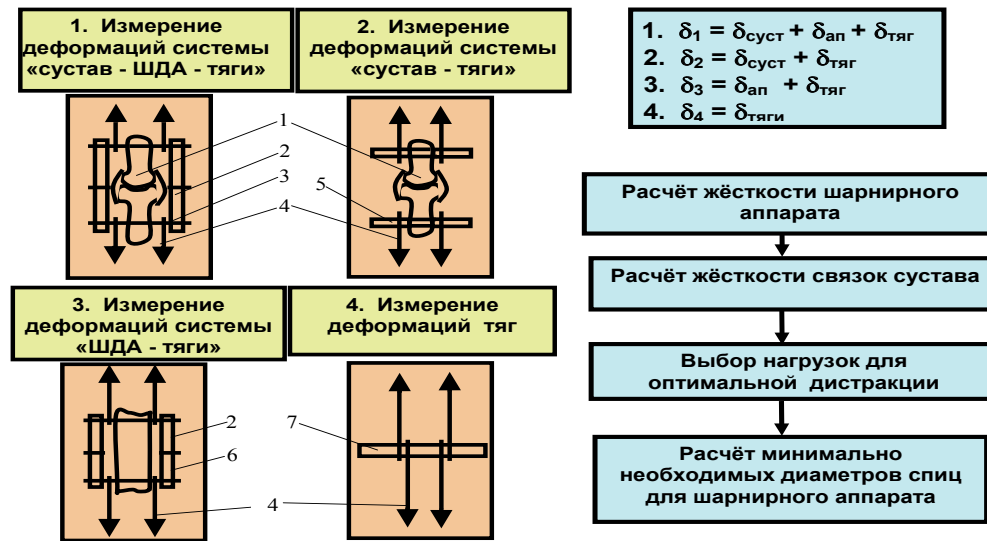


Рис. 8 – Схема определения характеристик жесткости системы «сустав - ШДА». 1 – сустав; 2 – ШДА; 3 – стальные спицы; 4 – тяги; 5 – стальные стержни для растяжения сустава; 6 – жесткое тело, заменяющее при испытаниях сустав; 7 – стальной стержень, заменяющий при испытаниях систему «сустав – ШДА»

Этап 1. Испытание на растяжение с записью диаграммы деформирования всей системы «сустав - ШДА - тяги». После испытания по диаграммам деформирования определяли удельную деформацию системы (податливость) как отношение абсолютной деформации к величине нагрузки в пределах линейного участка. При этом общая деформация всей системы δ_1 является суммой деформаций ее составляющих частей.

Этап 2. Деформации системы «сустав – тяга» δ_2 определяли отдельно, закрепляя биологический объект на жестких стальных стержнях, продетых сквозь фаланги на расстоянии 10–12 мм от суставов.

Этап 3. Для определения суммарной деформации системы «ШДА – тяги» δ_3 биологический препарат заменяли жестким телом, в качестве которого использовали металлопластиковую трубку. Закрепление ШДА на жестком теле производили аналогично закреплению на биологическом препарате.

Этап 4. Для определения деформации тяг δ_4 препарат (сустав – ШДА) заменяли стальными стержнями диаметром 8 мм, деформации которых можно считать пренебрежимо малыми по сравнению с деформациями препарата.

Деформации суставов и ШДА определяли путем вычитания деформаций тяг δ_4 из деформаций δ_2 и δ_3 соответственно.

Системы А-К с ШДА тина 5. Этапы испытаний и методика разделения деформаций ШДА, применяемых для локтевых и голеностопных суставов, аналогичны описанным выше этапам и методике. Результаты измерений деформаций приведены в таблице 3 (раздел 5).

Выводы. 1. Разработанная методика исследований и созданная испытательная система позволяет достаточно просто и оперативно изучать закономерности деформирования нижних конечностей человека при

действии постоянных и циклически изменяющихся нагрузок.

2. Конструкция установки позволяет в процессе проведения экспериментов позиционировать стопы в пределах физиологических углов сгибания и поворота относительно голеностопного сустава. Система цифровой синхронной регистрации нагрузок и перемещений позволяет исследовать процессы релаксации напряжений и изменение деформаций во времени.

3. Описанные методики и средства испытаний являются достаточно универсальными и могут применяться, например, для оценки качества систем остеосинтеза, используемых для фиксации переломов конечностей человека.

Литература

1. Анкин Л.Н. Практическая травматология. Европейские стандарты диагностики и лечения. / Анкин Л.Н., Анкин Н.Л. – М.: Книга-плюс, 2002. – 480 с.
2. Helical blade versus sliding hip screw for treatment of unstable intertrochanteric hip fractures: a biomechanical evaluation. / [Strauss E., Frank J., Lee J., Kummer F.J., Tejwani N.] // Injury. – 2006. – Oct. – Vol. 37(10). – P. 984-989.
3. Haidukewych G.J. Hip arthroplasty for salvage of failed treatment of intertrochanteric hip fractures. / Haidukewych G.J., Berry D.J. – Journal of Bone and Joint Surgery America. – 2003. – May. – 85-A(5). – P. 899-904.
4. Шидловський М.С. Дослідження деформаційних характеристик систем фіксації, що використовуються при лікуванні пошкоджень кісток та суглобів / Шидловський М.С., Лакша А.М., Бур'янов О.А. // Вестник НТУ України «Київський політехнічний інститут». Сер. Машиностроєння. – К, 2008. – № 54. – С. 51-62.
5. Шидловський Н.С. Параметри жесткости стержневых аппаратов фиксации / Шидловський Н.С., Лакша А.М.,

Лакша А.А. // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», Серія Машинобудування, – К: 2010, – № 59. – С. 31-34.

Методи дослідження деформаційної надійності систем остеосинтезу кінцівок людини

М.С. Шидловський

Узагальнено та систематизовано методики визначення біомеханічних характеристик систем фіксації переломів кісток та апаратів, що використовуються для лікування пошкоджень суглобів. За критерії якості прийняті жорсткість систем кістка - апарат у цілому та взаємні зміщення уламків кісток.

Ключові слова: біомеханіка, нижні кінцівки, деформації, жорсткість фіксації, остеосинтез, натурне моделювання

Investigation methods of the deformation reliability of the system of osteosynthesis of person's lower extremities

N. Shidlovskiy

The methods for determination of the mechanical characteristics of the fixation systems, used for bone fractures fixation and treatment of the joint injuries were generalized and systematized. The stiffness of the bone-apparatus system was considered as the main criterion of quality as well as mutual dislocations of the bone fragments.

Key words: biomechanics, lower extremity, deformation, stiffness of fixation, osteosynthesis, full-scale simulation

УДК 004.94.001.57

Three-dimensional modeling of novel ultrasound guided technique for craniomandibular pain management

¹R.V. Bubnov, ²O.G. Kyselova¹ Clinical Hospital "Feofania" State Administration, Center for ultrasound diagnostics and interventional sonography² National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" Intercollegiate College of Medical Engineering

The article describes different methods for use three-dimensional modeling for temporo-mandibular joint (TMJ) dysfunction diagnosis and craniomandibular pain syndromes management by novel ultrasound guided technique which was design with Mimics software. The way the three-dimensional modeling of temporomandibular joint improves the quality of dysfunction diagnosis and craniomandibular pain syndromes management based on integrated data from different sources of visual information to perform the model-guided interventions. The use of ultrasound examination can significantly improve the effectiveness and safety of deep dry needling as an optimal method of inactivation of the trigger points.

Key words: ultrasonography, computed tomography, temporo-mandibular joint, three-dimensional modeling, trigger points.

The temporomandibular joint (TMJ) is part of a kinematic chain including the teeth, the opposite TMJ, the muscles of mastication and the upper cervical complex as well as the posterior cervical musculature. In this context temporomandibular joint dysfunction (TMJD) refers to a group of non-specific related disorders of the muscles of mastication and the TMJ, but excludes non musculoskeletal disorders in the orofacial region such as neoplastic, vascular or infectious diseases that produce very similar symptoms. In this regard it is estimated that 85% to 90% of the population will develop some symptoms of TMJD in this form at some point during their life, and research has shown that the prevalence of females to males seeking treatment will be 3:1 [1]. Physically, the stomatognathic system is composed of anatomic elements, including the teeth, temporomandibular joints (TMJs), and muscles [2]. Therefore, abnormal function or loading on 1 element can cause changes in other elements in the system. For example, asymmetries of the maxillofacial skeleton and occlusion can produce changes in mandibular posture [3] or asymmetric mandibular function [4].

Masahiko Terajima et al. reported about 4-dimensional (4D) analysis of stomatognathic function that combines the 3-dimensional (3D) computed tomography of the cranium and mandible, dental surface imaging with a noncontact 3D laser scanner, and mandibular movement data recorded with a 6 degrees of freedom jaw-movement analyzer. This method performs dynamic and precise simulations that can

analyze and display condyle to fossa distances and occlusal contacts during mandibular function. These comprehensive relationships were analyzed and displayed not only at intercuspal position, but also at any mandibular position during functional movements [5].

Functional relationship with dysfunction of the spine should be considered in patients with craniomandibular pain syndromes [6]. Michelle Elizabeth Seagreen investigated the effect of myofascial trigger point region in the head and neck emergence dysfunction temporomandibular joint (TMJ). Rocabado developed a comprehensive approach to treating TMJ dysfunction, in view of complex relationship between the cervical spine, mandible and function of temporomandibular joint. He demonstrated that the centralization of the position can be achieved only if there is a balance between structural and motor patterns subcranial area, middle and lower cervical spine, hyoid bone and the mandible [7, 8].

For clinical applications, the dental surface morphology must be measured within 1.0 mm.

The majority of authors report have specific reflected the pain patterns in masticatory muscles [9, 10]:

- m. masseter - chewing muscles trismus;
- m. temporalis is TMJ, jaw pain and toothache;
- m. lateralis pterygoideus causes pain, radiating deep in the TMJ, etc.

Materials and methods

5 patients with craniomandibular pain, complaints of pain in the right half of the lower jaw, right ear, numbness in upper teeth. All of them were included into the study. The diagnosis of temporomandibular joint (TMJ) dysfunction was established. All patients undergone spiral 128-slice computer tomography (CT). CT data were segmented in Mimics

software [11] to determine the causes of pain and 3D models were created for planning intervention services under the ultrasound guidance in real time (Fig. 4). The integrated three-dimensional modeling using photogrammetry data, animation and motion capture data (Fig. 5) by own method was applied [12]. After non-muscular causes of pain were excluded the dry needle trigger point therapy under Ultrasound guidance by own method [13–15] was carried out to all patients.

The ultrasound examination was carried out using a portable ultrasound device Sonosite M-Turbo using, as well as on devices with the function of Hitachi HV900 multifrequency linear and convex probes with sonoelastography modality.

Results

In three patients the stomatological cause was found: the left lower 8 tooth root infection; upper right 6 tooth granuloma affected right maxillary sinus cavity and invalid orthopedic occlusion correction (Fig.1 (A, B) - 3). In one patient according to the three-dimensional reconstruction of CT and animated model using motion capture data the TMJ head was registered shifted forward. Dentition was shifted posteriorly. Trigger points were visualized as areas of violation the normal fibrillar structure of affected muscles, mostly hypoechoic. Sonoelastography was used to identify the trigger point as areas of decreased elasticity in the muscle. After the visual identification of trigger point, dry needling using acupuncture needles (28 gage) was inserted to elicit the LTR effect.

Deep dry needling under ultrasound (US) control was carried out.

The main trigger points were found in:

- m. pterygoideus lateralis (upper portion) on the right;
- m. pterygoideus medialis left.

Additional trigger points:

- m. digastricus right;
- m. deltoideus right;
- m. right levator scapulae;
- m. temporalis.

After trigger point treatment myofascial release carried out, chiropractic manipulation (level C2-3), followed by orthopedic correction of the occlusion in the relaxed muscles.

Pain has been eliminated, the efficient correction of the occlusion, which was previously impossible due to spastic phenomena in muscles.

Inactivation of trigger points by dry needling is a result of mechanical action of the needle, as it can be successfully implemented without the use of local anesthetics and other.

After dry needling treatments carried myofascial release, chiropractic manipulation (level C2-3), followed by orthopedic correction of the occlusion in the relaxed muscles.

Pain has been eliminated, the efficient correction of the occlusion, which was previously impossible due to spastic phenomena in muscles.

Orthopedic correction of occlusion was conducted in the complete absence of muscle spasm, and inactivation of the existing trigger points that affect the TMJ function.

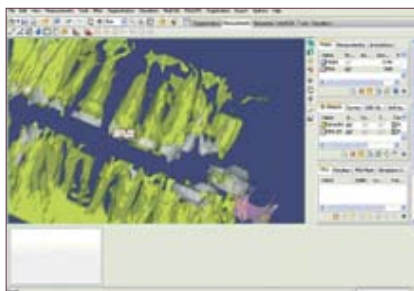


Fig. 1A. Previous incorrect treatment of occlusion - fillings deposits on teeth (white on model). Overstatement of the bite causes pain symptoms (Normal view)

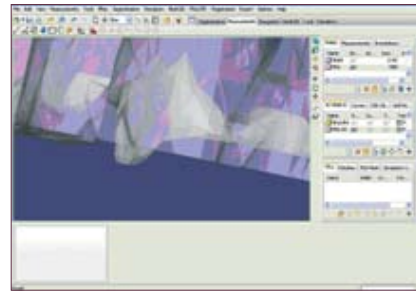


Fig. 1B. Previous incorrect treatment of occlusion - fillings deposits on teeth (white on model). Overstatement of the bite causes pain symptoms. Deposits were not logged in dental research, X-ray and CT and were definition using three-dimensional model (Zoom view)



Fig. 2. Deposits were not logged by dental examination, X-ray and CT and were defined using three-dimensional modeling

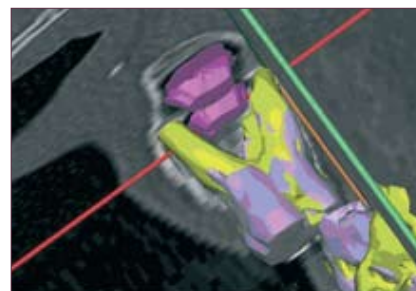


Fig. 3. Upper right 6 tooth modeling. Granuloma affects right maxillary sinus cavity Tooth root ingrown into the maxillary cavity - the cause of the pain

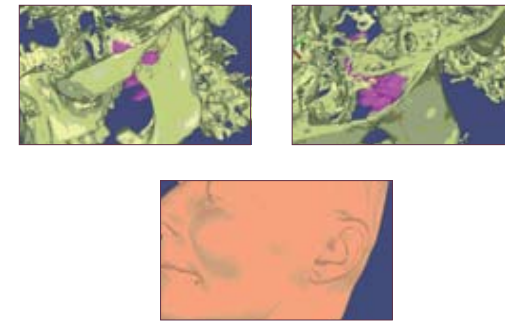


Fig. 4. Modeling of needle direction for medial pterygopalatine muscle puncture

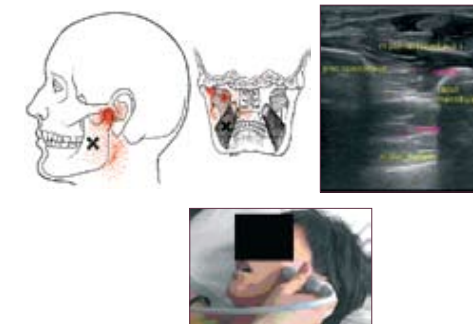


Fig. 5. Scheme of the irradiation pattern of the pain points of the medial trigger pterygopalatine muscle. Puncture of the medial pterygopalatine muscle under ultrasound guidance

Conclusion

Thus, the way the three-dimensional modeling of of temporomandibular joint improves the quality of dysfunction diagnosis and craniomandibular pain syndromes management based on integrated data from different sources of visual information to perform the model-guided interventions. The use of ultrasound examination can significantly improve the effectiveness and safety of deep dry needling as an optimal method of inactivation of the trigger points. We believe the use of deep dry needling inadequate without ultrasound monitoring. Puncture of some groups of muscles is impossible without ultrasound visual navigation. For modeling of 3D-models for research was used Mimics software.

References

1. Current Controversies in Temporomandibular Disorders, edited by Charles McNeil. Quintessence, 1991.
2. Koriotoh T, Romilly D, Hannam A. Three-dimensional finite element stress analysis of the dentate human mandible. *Am J Phys Anthropol* 1992;88:69-96.
3. Weijs W, Hillen B. Corrections between the cross-sectional area of the jaw muscles and craniofacial size and shape. *Am J Phys Anthropol* 1986;70:423-31.
4. Tomoyose Y, Bandai H, Sugawara J, Mitani H. Characteristics of chewing path in skeletal Class III patients with mandibular asymmetry-Relationship between facial skeleton and temporomandibular joint morphology and occlusion. *Orthod Waves* 2002;65:376-91.
5. Masahiko Terajima, a Mizuki Endo, b Yoshimitsu Aoki, c Kyouko Yuuda, b Haruaki Hayasaki, d Tazuko K. Goto, Kenji Tokumori, a and Akihiko Nakasimae Four-dimensional analysis of stomatognathic function *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:276-87).
6. Fink M, Wähling K, Stiesch-Scholz M, Tschernitschek H. The functional relationship between the craniomandibular system, cervical spine, and sacroiliac joint: a preliminary investigation. *J Craniomandib Pract* 2003;21(3):202-208.
7. Rocabado M, Tapia V. Radiographic study of the craniocervical relation in patients under orthodontic treatment and the incidence of skeletal symptoms. *J Craniomand Pract* 1987;5(1):36.
8. Rocabado M. Biomechanical relationship of the cranial, cervical and hyoid regions. *J Craniomandibular Pract* 1983;3:62-66.
9. Edward F. Wright referred craniofacial pain patterns in patients with temporomandibular disorder. *J Am Dent Assoc* 2000 131: 1307-1315.
10. Friction JR, Kroening R, Haley D, Siegert R. Myofascial pain syndrome of the head and neck: a review of clinical characteristics of

164 patients. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1985;60(6):615–23.

11. O. Kyselova, A. Marchenko, Ie. Nastenka, K. Rudenko, A. Mamalyha. The use of three-dimensional modeling system Mimics in studying process of medical-engineering specialty // Proceedings of International Conference “Biomedical Engineering”, Biomedical Engineering Institute of Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania, October 28-29, 2010, p. 224 -227.

12. Пат. U2011 00988, Україна. Спосіб інтегрованого тривимірного моделювання біомедичних об'єктів / Бубнов Р.В. (вх. № 775247, 31.01.2011).

13. Пат. № UA 55241 U, Україна, МПК А61В 8/00. Спосіб виявлення тригерних точок при міофасціальному больовому синдромі – корисна модель / Бубнов Р.В. – Опубл. 10.12.2010. Бюл. № 23, 2010 р.

14. Пат. № 57287 U, Україна. Спосіб лікування міофасціального больового синдрому – корисна модель. МПК А61Н 39/00 А61В 8/00 А61Р 21/00 / Бубнов Р.В. – опубл. 25.02.2011, Бюл. № 4, 2011 р.

15. Bubnov R V The use of trigger point dry needling under ultrasound guidance for the treatment of myofascial pain (technological innovation and literature review) (in english) // Лікарська справа. - 2010. - №5 - 6 (1106), С. 56-64.

Інноваційні методики тривимірного моделювання інтервенційної ультрасонографії при щелепно-лицьових больових синдромах

Р.В.Бубнов, О.Г.Кисельова

У статті описуються різні методи використання тривимірного моделювання для діагностики дисфункції скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩС) з метою подальшого лікування щелепно-лицьових больових синдромів за допомогою

власної інноваційної методики під ультразвуковим контролем. Спосіб тривимірного моделювання скронево-нижньощелепного суглоба покращує якість діагностики дисфункції та лікування щелепно-лицьових больових синдромів. Він заснований на інтегрованій обробці даних з різних джерел візуальної інформації для виконання модельно-керованого втручання. Використання ультразвукового дослідження значно покращує ефективність і безпеку глибокого сухого голковколівання як оптимального способу інактивації тригерних точок.

Ключові слова: сонографія, комп'ютерна томографія, скронево-нижньощелепний суглоб, тривимірне моделювання, тригерні точки.

Инновационные методики трехмерного моделирования интервенционной ультрасонографии при челюстно-лицевых болевых синдромах

Р.В.Бубнов, О.Г. Киселева

В статье описываются различные методы использования трехмерного моделирования для диагностики дисфункции височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) с целью последующего лечения челюстно-лицевых болевых синдромов с помощью собственной инновационной методики под ультразвуковым контролем. Способ трехмерного моделирования височно-нижнечелюстного сустава улучшает качество диагностики дисфункции и лечения челюстно-лицевых болевых синдромов. Он основан на интегрированной обработке данных из различных источников визуальной информации для выполнения модельно-управляемого вмешательства. Использование ультразвукового исследования значительно улучшает эффективность и безопасность глубокого сухого иглоукалывания как оптимального способа инактивации тригерных точек.

Ключевые слова: сонография, компьютерная томография, височно-нижнечелюстной сустав, трехмерное моделирование, тригерные точки.



Українська асоціація біомедичних інженерів та технологів

Асоціація біомедичних інженерів та технологів - це не-прибуткова організація, консолідація зусиль працівників і студентів у галузі біомедичної інженерії і технології, інженерно-технічних наук, біології і медицини у напрямку розвитку, розробки і застосування біологічної і медичної техніки, матеріалів і виробів медичного призначення, технологій їх застосування, а також захисту професійних і соціальних інтересів членів.

Мета Асоціації:

- сприяння реалізації творчого потенціалу та ініціативи за напрямками розвитку біо- та медико-інженерної науки і освіти, медичної промисловості, технологій охорони здоров'я, біотехнологій, задоволення та захисту професійних і соціальних інтересів членів Асоціації;
- об'єднання та удосконалення досвіду членів Асоціації для оптимального використання потенціалу їх можливостей у сфері захисту здоров'я населення шляхом сприяння профілактиці, діагностиці та лікуванню захворювань людини, відновлення її фізіологічного стану та усунення анатомічних і фізичних вад з використанням технічних засобів та інженерних знань; в тому числі захисту, стимулювання, відновлення, тимчасової та повної заміни органів і їх частин за допомогою медичної техніки, біоматеріалів, штучно створених матеріалів біологічного походження, технологій репродукції організмів і біологічних об'єктів;
- сприяння проведенню наукових досліджень і розвитку навчання за напрямками біомедичної інженерії в різних галузях науки, техніки, охорони здоров'я, створення сприятливих умов для розвитку наукових інтересів, забезпечення безперервної освіти, послідовного професійного зростання членів асоціації, із відповідною сертифікацією їх наукового, освітнього і професійного рівня.

<http://www.ukrainianbme.org>



УДК 621.397

Інфрачервона термографія як сучасний метод первинної діагностики

В. Й. Котовський*

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

У роботі представлені деякі результати ранньої діагностики новоутворень в жіночій молочній залозі, досліджень патологічних станів і наслідків травм у спортсменів, включаючи вертеброгенні болі, а також захворювань судин і щелепно-лицьової області.

Показано, що інфрачервона термографія надає можливість абсолютно неінвазивно виявляти патологічні зміни in-vivo задовго до їх клінічного прояву.

Ключові слова: інфрачервона термографія, рання діагностика, неінвазивний метод.

Не дивлячись на наявність тепловізійної діагностики в медичних протоколах, повного осмислення корисності методу ІЧТ для завдань біомедицини поки не відбулося. Сьогодні для України цей, абсолютно неінвазивний метод, є більше екзотикою, ніж реальністю. Це пов'язано, як мінімум, з двома причинами.

По-перше, термографи перших поколінь в 50–70-ті роки минулого століття в силу їх недосконалісті скомпрометували себе і викликали стійке неприйняття серед лікарів, яке долається до цих пір. Справа в тому, що перші апарати були громіздкі, з особливими умовами експлуатації, мали чорно-біле зображення, практично була відсутня обробка термограм. Все це вимагало додаткових знань обслуговуючого персоналу та навичок в інтерпретації теплових картин.

По-друге, у лікарів (на жаль, ще до сього часу) немає в повній мірі розуміння того, що можуть дати медицині сучасні термографи, а також у чому полягає специфіка інформації, отриманої за допомогою теплобачення для діагностики різних патологій, особливо на ранніх стадіях їх прояву і контролю ефективності лікування.

Серед існуючих діагностичних методів досліджень цей метод займає особливе місце, враховуючи можливість кореляції між вираженістю клінічних проявів захворювання і температурою шкірного покриву (ШП).

Сучасний рівень розвитку тепловізійної техніки [1,2] надає можливість надійно діагностувати широкий спектр захворювань (до 150 різних форм), що є приводом активного впровадження методу ІЧТ у світову

*Для листування: e-mail: kotovsk@kpi.ua

клінічну практику поряд з іншими сучасними методами, які є в арсеналі лікарів: мамографія, комп'ютерна томографія (КТ), магнітно-резонансна томографія (МРТ), ультразвукове дослідження (УЗД). Ці методи відносяться до променевої діагностики і забезпечують отримання інформації на стадії структурних змін. Серед них метод ІЧТ займає особливе місце. За допомогою цього методу можливе об'єктивне визначення функціонально-активних ділянок тіла, як до розвитку явних структурних змін, так і на стадії виражених змін [3,4].

Метод ІЧТ також відноситься до променевої діагностики. Він заснований на реєстрації спонтанного ІЧ випромінювання ШП людського тіла, яке пропорційне його температурі і обумовлено процесами теплопродукції та радіаційної тепловіддачі в органах і тканинах організму в діапазоні електромагнітних хвиль від 3 мкм до 50 мкм, з максимумом інтенсивності 10 мкм [5].

Метою даної статті є демонстрація можливостей методу ІЧТ на конкретних прикладах з досвіду міжкафедральної навчально-наукової лабораторії неінвазивних методів досліджень біологічних об'єктів НТУУ «КПІ».

Матеріали і методи

Поява нового покоління термографічної апаратури [6] надає можливість реєструвати і адекватно інтерпретувати різноманітні, а іноді дуже незначні зміни нормального теплового малюнка поверхні тіла пацієнта.

У наших дослідженнях були використані термографи двох типів: охолоджуваний, на діапазон 3–5 мкм і неохолоджуваний, на діапазон 7–14 мкм, з температурною чутливістю 0,07°C і 0,1°C відповідно.

На рисунку 1а зображений робочий варіант діагностичного комплексу, до складу якого, крім комп'ютера, додатково може бути

включено кольоровий принтер (рис. 1б) для роздрукування термограм в режимі реального часу.



Рис. 1

Дослідження проводилися за розробленою методикою згідно існуючих вимог [7].

При інтерпретації термограм необхідно в першу чергу враховувати індивідуальний характер розподілу поверхневої температури і симетричність (права і ліва половина тулуба, права і ліва кінцівки). На рисунку 2 представлено термограми та відповідні термозрізи, по лінії Li1, лицьової частини і спини відносно здорової людини.

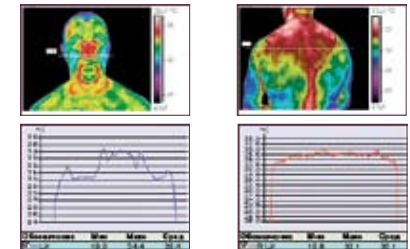


Рис. 2

Гradient температури на поверхні ШП складає не більше 0,2–0,3°C, що відповідає нормі.

Результати досліджень

Як неінвазивний метод діагностики, ІЧТ набуває особливого значення при масових обстеженнях жінок з метою раннього виявлення новоутворень в молочних залозах.

На сьогоднішній день основним методом скринінгу та діагностики патології молочної залози є рентгенівське обстеження — мамографія. Мінімальний розмір пухлини, який може бути визначений за допомогою цього методу, ста-

новить 4 мм. Іноді проходить кілька років поки пухлина досягне таких розмірів.

Термографія ж, навпаки, “бачить” не структури, а фізичні процеси, що протікають в тілі. Тому з її допомогою вдається виявити процес новоутворення на початковій стадії, коли фізичне тіло пухлини має вкрай малі розміри. Це надає можливість тримати під контролем хворобу і вживати заходів до лікування на етапі, коли ще можна обійтися без агресивних методів, таких як опромінення й хіміотерапія.

На рисунку 3а приведена термограма пацієнтки з гіпертермічним новоутворенням правої молочної залози (зона виділена пунктиром). Градієнт температури в області гіпертермії і сусідніх ділянок становив $1,2^{\circ}\text{C}$. Рентгенологічне обстеження не підтвердило прогнозу можливого новоутворення. Через 3 роки у цієї ж пацієнтки було виявлено пухлину (рис. 3б). Градієнт температури в аномальній зоні (виділено пунктиром) становив вже $1,9^{\circ}\text{C}$.

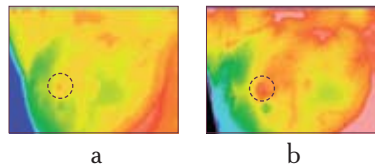


Рис. 3

Після проведення мамографії та ультразвукового обстеження було встановлено діагноз — інвазивна протокова карцинома правої молочної залози.

Наведені результати досліджень показують, що фактично виявлене на ранній стадії за допомогою методу ІЧТ новоутворення в молочній залозі у пацієнтки було залишено без належної уваги в результаті недооцінки методу, як специфічного методу ранньої діагностики.

Спільно з Українським центром спортивної медицини були проведені обстеження молодих людей (від 18 до 25 років), як на етапі встановлення діагнозу, так і на етапі після проведеного курсу лікування.

Найбільш частою скаргою спортсменів,

є болі в різних відділах хребта (так звані вертеброгенні болі, обумовлені остеохондрозом), які різко знижують активність, погіршують спортивні результати і часто є причиною тимчасової непрацездатності.

Крім клінічного, так званого об'єктивного методу обстеження пацієнтів з вертеброгенними болями, найбільш доступним і широко застосовуваним методом залишається рентгенологічна діагностика. На жаль, інформативність її обмежується тільки станом кісткової складової хребта. Значно розширюють діагностичні можливості методи КТ та МРТ, що дають інформацію і про м'якотканинну складову. Однак збільшення дози опромінення при КТ та значна вартість обстеження методом МРТ не дозволяє скільки завгодно часто використовувати їх при обстеженні одного і того ж хворого.

На рисунку 4 показана термограма пацієнта, коли при пальпації в області гіпертермії відзначалася значна болючість. Градієнт температури становив 2°C . При обстеженні у спеціаліста був поставлений діагноз — гостра торакалгія. Термограма пацієнта з хронічною лямбалгією в стадії загострення представлена на рисунку 5. Градієнт температури складає $2,4^{\circ}\text{C} - 2,6^{\circ}\text{C}$.



Рис. 4

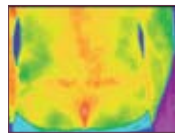


Рис. 5



Рис. 6

Для порівняння (рис. 6) представлена термограма молодої людини, з боку спини, у відносній нормі. Градієнт температури по всій поверхні спини не перевищує $0,1-0,2^{\circ}\text{C}$.

Термограма і відповідний термопрофіль

прикладу порушення кровоплину в зоні гіпотермії представлені на рисунку 7. При термографічних обстеженнях молодої людини, на фоні загальної відносної симетрії розподілу теплових полів, в лівій частині спини була виявлена чітко виражена зона гіпотермії (темна пляма з лівого боку по лінії Li1) з градієнтом температури -2°C .

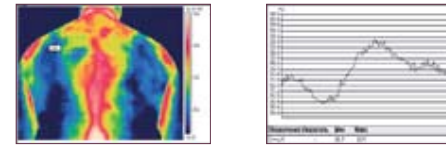


Рис. 7

З'ясувалося, що це доброякісне новоутворення у вигляді жировика. Крім того, проглядається викривлення хребта і теплові контури в зоні ший, що може бути наслідком порушення венозного відтоку крові.

Обстеження проходили також спортсмени, які отримали травми в процесі тренувань.

На рисунку 8а представлена термограма пацієнтки з підшкірною гематомою зовнішньої поверхні колінного суглоба (рис. 8б — збільшене зображення). Клінічно визначалися досить розмиті межі флуктуації, що ускладнювало евакуацію гематоми. При проведенні термографічного обстеження виявлено фокус підвищення температури до 38°C , з градієнтом температури 4°C , що значно полегшило пошук місця для можливої пункції гематоми.

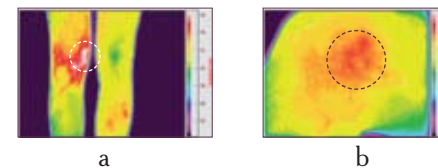


Рис. 8

Термограма пацієнта з варикозно зміненою великою підшкірною веною лівого стегна представлена на рисунку 9. Різниця температури з симетричною ділянкою правого стегна становить $4,2^{\circ}\text{C}$ (значення температури на стороні з патологією $36,6^{\circ}\text{C}$ і $32,2^{\circ}\text{C}$ на

протилежній стороні).

На рисунку 10 представлена термограма нижніх кінцівок пацієнта, який скарж на деяку мерзлякуватість стіп. При обстеженні виявлено зниження температури до 29°C у порівнянні з відносною нормою $32,9^{\circ}\text{C}$. Пацієнту додатково була проведена осцилометрія і капіляроскопія судин стіп, в результаті чого виявлена функціональна недостатність кровопостачання дистальних відділів.

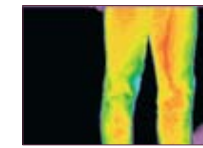


Рис. 9

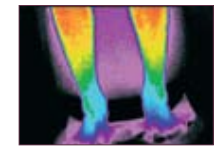


Рис. 10

Яскравий приклад порушення кровоплину верхніх кінцівок при охолодженні та відновлення при кімнатній температурі протягом 15 хвилин представлено на рисунку 11 (знизу — відповідний термопрофіль по лінії Li1). Особливо це проявляється у жінок і навіть молодих дівчат.

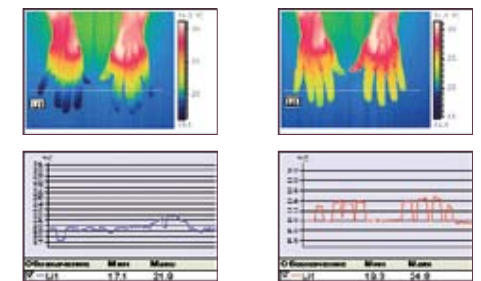


Рис. 11

На рисунку 12 представлена термограма пацієнтки, коли скарги були характерні для пошкодження медіального меніска лівого суглоба. При обстеженні було зареєстровано підвищення температури по медіальній поверхні лівого суглоба (виділена зона) в порівнянні з симетричною областю на 3°C . Діагноз спеціаліста — паракапсулярний розрив медіального меніска лівого колінного суглоба.

Термограма пацієнта з періартритом колінного суглоба представлена на рисунку 13. Підвищення температури на передній поверхні колінного суглоба (виділена зона) у порівнянні зі здоровою симетричною областю становить $1,2^{\circ}\text{C}$.



Рис. 12

Рис. 13

Метод ІЧТ може бути використаний і при діагностиці захворювань щелепно-лицьової області.

На рисунку 14а представлена термограма пацієнтки зі злоякісною плеоморфною аденомою правої привушної залози. У проекції привушної залози ідентифікується гіпертермічна зона. Градієнт термоасиметрії області аденома-сусідні тканини, становить $1,85^{\circ}\text{C}$. Після видалення аденоми градієнт термоасиметрії знизився до $1,24^{\circ}\text{C}$ (рис. 14б) і при подальшому спостереженні продовжував знижуватися.

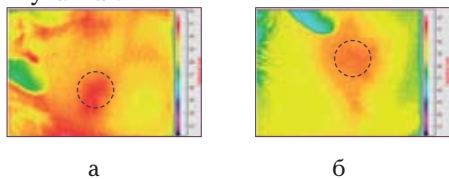


Рис. 14

Цей приклад показує ефективність використання методу ІЧТ для контролю динаміки лікувальних процедур.

При проведенні термографічного обстеження у 10 пацієнтів з 50 було виявлено відмінність температури лівого і правого очного яблука. Градієнт температури становив від $0,7^{\circ}\text{C}$ до $1,7^{\circ}\text{C}$ (у здорових людей цей показник не перевищує $(0,2-0,4^{\circ}\text{C})$, що є причиною для проведення подальших обстежень та встановлення точного діагнозу. На рисунку 15 наведено приклад термограми пацієнта з

різною температурою очного яблука. Градієнт температури між правим і лівим очним яблуком становить $1,7^{\circ}\text{C}$, що вказує на необхідність подальших обстежень у фахівців.

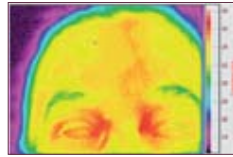


Рис. 15

Виходячи з вищевикладеного, можливе резонне питання, який же термограф найбільш підходить для задач первинної діагностики? Ця тема досить дискусійна, оскільки кожен з діапазонів має свої переваги і недоліки. Відповідь не завжди може бути однозначною і тоді треба враховувати такий показник як ціна-якість.

На рисунку 16 представлена термограма одного і того ж пацієнта з ознаками судинної патології у двох спектральних діапазонах. Термограма на рис. 16а знята в діапазоні 3–5 мкм, а на рис. 16б – в діапазоні 7–14 мкм.

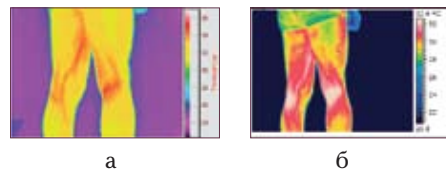


Рис. 16

Візуально різниці практично немає і можна з упевненістю сказати, що неохолоджувані і відповідно більш дешеві термографи також можуть з успіхом використовуватися в первинній діагностиці різних патологічних станів людини на рівні з охолоджуваними.

Висновки

1. Правильно організована робота з використанням методу ІЧТ надає можливість удосконалити профілактику раку молочної залози, зменшити кількість хірургічних біопсій та пов'язаних з цим моральних і фінансових витрат, зменшити навантаження на онкологічні центри та своєчасно направляти хворих в

спеціалізовані лікувальні установи.

2. Дослідження молодих людей показало ефективність використання ІЧТ в діагностиці травм і захворювань спортсменів, отриманих ними під час тренувань або змагань, а також при відборі спортсменів для подальшої підготовки.

3. Узагальнення представлених результатів досліджень показало, що разом з інструментальними методами діагностики, що є в наявності у лікарів, важливу роль відіграє ІЧ термографія, яка надає можливість виявляти захворювання на доклінічній стадії, проводити масові обстеження без шкоди здоров'ю пацієнтів, багаторазово використовувати її на різних етапах лікування та оцінювати його ефективність.

Література

1. Вайнер Б. Матричные тепловизионные системы в медицине /Врач – №10 – 1999 – С.30–31.
2. Тепловидение в медицине. <http://www.flir.ru/art/9/13/37.html>
3. Medical Infrared Imaging /editors, Nicholas A. Diakides, Joseph D. Bronzino /CRC Press Taylor & Francis Group – New York – 2008.
4. Ю.П. Дегтярев, С.А. Мироненко, В.И. Котовский и др. Применение дистанционной инфракрасной термографии в диагностике заболеваний и последствий травм у спортсменов /материалы ХХІХ Международной научно-технической конференции Электроника и связь. – Тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии», ч. 1 – №2-3 – Киев – 2009 – С. 220 – 223.
5. В.Г. Абакумов, О.І. Рибін, Й. Святош, Ю.С. Синекон /Системы відображення в медицині – К.: ВЕК – 1999 – 320 с.
6. Розенфельд Л.Г., Дунаевский В.И., Венгер Е.Ф. и др. Дистанционная инфракрасная термография: достижения, современные возможности, перспективы /Врачебное дело – 2008 – №5–6 – С.119–124.

7. Котовський В.Й. Обґрунтування вимог до умов проведення термографічних досліджень біологічних об'єктів /Вісті академії інженерних наук України – № 2(39) – 2009 – С. 6 – 11.

Infrared thermography as a modern method for primary diagnosis

V.J. Kotovskyi

Summary. The paper presents some results of early diagnosis of tumors in the female mammary gland, studies of pathological conditions and consequences of injuries of athletes, including vertebral pain, as well as vascular disease and maxillofacial region.

It is shown that infrared thermography makes it possible to completely noninvasively detect lesions *in-vivo* before their clinical manifestation.

Keywords: infrared thermography, early diagnosis, noninvasive method.

Инфракрасная термография как современный метод первичной диагностики

В.И. Котовский

Аннотация. В работе представлены некоторые результаты ранней диагностики новообразований в женской молочной железе, исследований патологических состояний и последствий травм у спортсменов, включая вертеброгенные боли, а также заболеваний сосудов и челюстно-лицевой области.

Показано, что инфракрасная термография дает возможность абсолютно неинвазивно выявлять патологические изменения *in-vivo* задолго до их клинического проявления.

Ключевые слова: инфракрасная термография, ранняя диагностика, неинвазивный метод.

УДК 535.34: 621.373.82Б: 611.814.1: 615.84

Програмно-апаратний комплекс експрес-діагностики на засадах електрохімічних сенсорів

В.І. Зубчук, А.В. Кратік, В.С. Якімчук
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Розглянуті особливості реалізації експрес-діагностики за допомогою системи «Електронний ніс» (ЕН) у середовищі LabVIEW. Така система має у своєму складі набір селективних сенсорів, підсилювачі-фільтри, аналого-цифровий перетворювач і комп'ютер для реєстрації, розпізнавання, візуалізації та документування діагностичних процедур. Проаналізовані основні типи похибок при використанні амперометричних селективних сенсорів. Програмно-апаратні засоби LabVIEW забезпечують оперативну зміну структури ЕН шляхом вибору необхідного складу сенсорів та методів розпізнавання результатів вимірювань.

Ключові слова: експрес-діагностика, «електронний ніс», LabVIEW.

Експрес-діагностика в медичній практиці набуває все більшого значення, оскільки дозволяє оперативно оцінювати функціональний стан обстежуваного, виявляти патологічні відхилення на ранній стадії і, що особливо важливо, контролювати стан здоров'я з ціллю його корекції до виходу за межі норми. Для реалізації такого підходу треба визначити необхідний і достатній набір контрольованих параметрів та розробити методи і засоби їхнього контролю, що повинні відповідати вимогам: об'єктивність, оперативність, неінвазивність, висока чутливість, дешевизна, відсутність впливу на обстежуваного, простота реалізації процедур обстеження.

Серед методів експрес-діагностики досить перспективною являється експрес-діагностика на основі селективних газоаналізаторів, апаратну реалізацію якої образно називають «Електронний ніс» (ЕН). Використання високочутливих селективних газових сенсорів дозволяє будувати діагностичну апаратуру з досить швидким отриманням результатів і без витрат розхідних матеріалів.

Як відомо, обмін речовин в організмі людини в основному відбувається через кров, яка, в свою чергу, циркулює по всьому організму. Відповідно, у випадку виникнення патологій, процес обміну речовин порушується, і хімічний склад речовин, які потрапляють у кров в процесі життєдіяльності клітин, буде відрізнятися від хімічного складу, властивого здоровому організму. Далі кров циркулює через легені, де відбувається вивільнення продуктів обміну із еритроцитів в альвеоли і насичення еритроцитів киснем. Коли людина видихає, продукти життєдіяльності клітин всього організму потрапляють в зовнішнє середовище через органи дихання. Відповідно,

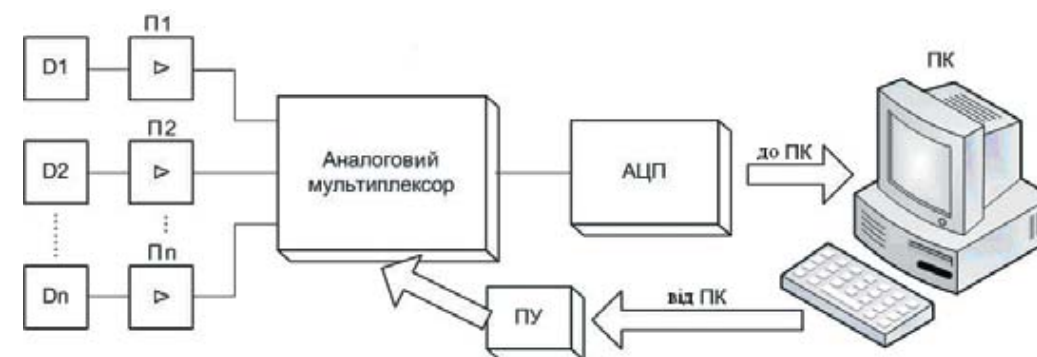


Рис. 1. Функціональна схема пристрою ЕН

якщо сконструювати прилад, який буде вимірювати концентрацію газових компонентів у повітрі, що видихається людиною, то при достатній чутливості даного приладу, можливо буде визначити залежності між концентрацією газових компонентів повітря, що видихається людиною, та її функціональним станом. При

Методи і засоби

У загальному випадку до складу пристрою ЕН (рис.1) входить набір селективних сенсорів (D1...Dn), що через підсилювачі (P1...Pn), програмно керований аналого-цифровий перетворювач (АЦП) підключаються до комп'ютера для відображення результатів вимірювання, формування бази даних з результатів вимірів і супровідної інформації [1].

Технічні параметри ЕН прямо залежать від параметрів селективних сенсорів, тому вибір типу, кількості і параметрів чутливості сенсорів є важливим етапом у проектуванні таких пристроїв. На рис. 2 наведено класифікацію хімічних сенсорів [2], які принципово можуть бути



Рис. 2. Класифікація хімічних сенсорів

правильному підході це дозволить виявляти різноманітні захворювання на ранніх етапах їх проявлення. Саме такий механізм покликаний реалізувати прилад, який представлений в даній статті.

використані у системі ЕН.

В даній роботі були використані електрохімічні амперометричні сенсори (АС), що розроблені на кафедрі технології електрохімічних виробництв хіміко-техно-

Таблиця 1. Технічні характеристики сенсорів

Газ	Тип сенсора	Мін. і макс. діапазони вимірювань, ppm	Час відгуку, $t_{0,9}$, с	Розділь. здатність, ppm	Чутливість, mA/ppm
Аміак	NH ₃ , Sensor E-2	0-20, 0-5000	< 40	1	0,02±0,005
Хлор	Cl ₂ , Sensor E-2	0-5, 0-2500	< 40	0,05	-
Сірководень	H ₂ S, Sensor E-3	0-10, 0-1000	< 30	0,2	1±0,3
Двоокис сірки	SO ₂ , Sensor E-3	0-100, 0-1000	< 30	1	-
Окис азоту	NO, Sensor E-3	0-20, 0-2500	< 20	1	-
Фтороводень	HF, Sensor E-2	0-10, 0-200	< 60	0,3	-
Кисень	O ₂ , Sensor E-2	0 – 30 %	< 10	0,1 %	-

логічного факультету НТУУ «КПІ». Дані сенсори побудовані на основі твердотілих систем із протонопровідними і матричними електролітами. Параметри деяких різновидів такого типу сенсорів наведені в таблиці [3].

Типова характеристика залежності струму амперметричного сенсора від концентрації газу, для ідентифікації якого спроектований сенсор, наведена на рис.3.а.

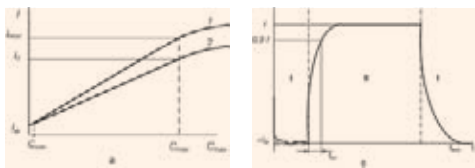


Рис. 3. а – характеристика чутливості сенсора (1) з урахуванням старіння (2); б – динаміка формування відклику

Крутість характеристики визначає чутливість K сенсора (вимірювану в мкА/ppm), а лінійна ділянка характеристики – діапазон вимірюваних концентрацій і відповідних їм значень вихідного струму сенсора. Чутливість K амперметричних сенсорів істотно відрізняється для різних типів газів і має порядок K [мкА/ppm] = 0.001...1. При цьому характеристики на рис. 3.а не проходять через початок координат внаслідок існування деякого фоновому струму I_{ϕ} при нульовій концентрації відповідного газового компонента в пробі. Фоновий струм I_{ϕ} залежить від температури навколишнього середовища, вологості і

змінюється в процесі старіння сенсора. Усе це накладає певні вимоги до електронного підсилювача, що перетворює токовий сигнал АС у напругу, яка подається на АЦП. Основні вимоги до електронного підсилювача зводяться до наступного:

- забезпечення необхідного передавального опору;
- компенсація фоновому струму I_{ϕ} ;
- фільтрація промислових перешкод;
- мінімальний вхідний опір;
- забезпечення калібрування чутливості.

На рис. 4 зображена принципова схема підсилювача-фільтра з токовим входом, до входу якого підключаються АС. Вихідний сигнал підсилювача формується у часі в залежності від концентрації вимірюваного газового компонента, і відповідно їй струм сенсора $I(t)$ змінюється по експоненціальному закону [3]:

$$I(t) = I_x - (I_x - I_{\phi}) \exp(-t/\tau_s), \quad (1)$$

де I_x – асимптотичне значення струму сенсора, яке необхідно визначити;

I_{ϕ} – фоновий струм сенсора, який залежить від температури і має суттєвий статистичний розкид;

τ_s – стала експоненти, параметр сенсора, нормований виробником.

Фоновий струм сенсора I_{ϕ} вносить основну методологічну похибку вимірювань, оскільки ЕН призначається для роботи в

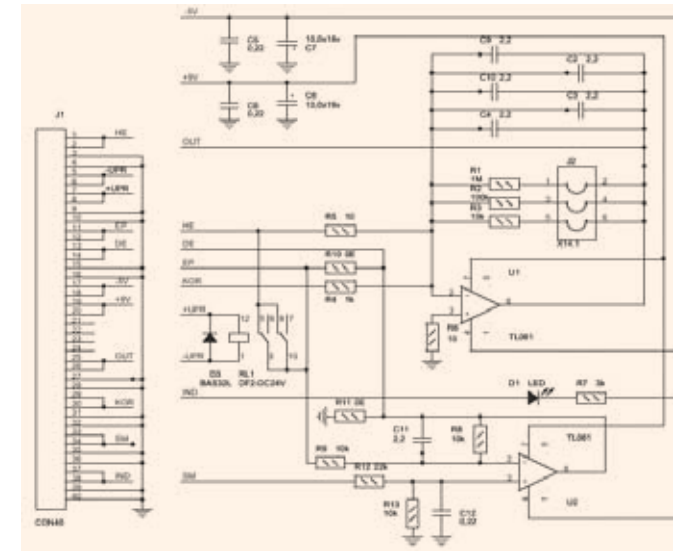


Рис. 4. Принципова схема одного каналу підсилювання

умовах змінної температури, вологості, тиску. Тому необхідно передбачити можливість визначення асимптотичного значення струму I_x без урахування впливу фоновому струму I_{ϕ} . Нами запропонований спосіб вимірювання асимптотичного значення струму сенсора I_x без впливу фоновому струму I_{ϕ} . Суть його полягає у вимірюванні і реєстрації процесу зміни струму сенсора у часі згідно виразу (1). При наявності хоча б двох значень струму I_1, I_2 у моменти часу t_1, t_2 асимптотичний показник сенсора може бути визначений за допомогою виразу:

$$I_x = \{I_2 - I_1 \exp[(t_1 - t_2)/\tau_s]\} / [\exp(-t_1/\tau_s) - \exp(-t_2/\tau_s)] \quad (2)$$

Як видно з (2), величина I_x не залежить від фоновому струму I_{ϕ} . Завдяки цьому пристрій ЕН може працювати в умовах зміни параметрів оточуючого середовища, не потребує попередньої калібрування та компенсаційних налаштувань підсилювачів. Обчислення значення I_x згідно виразу (2) зручно реалізувати у середовищі LabVIEW.

Для ефективної роботи з приладом, критично важливо організувати його взаємодію із комп'ютером, що дозволить автоматизувати процес збору даних та наглядно відображати результати вимірювання. Програмну частину ЕН було вирішено реалізувати в середовищі LabVIEW 7. Такий підхід має як переваги, так і деякі обмеження.

Основні переваги при використанні LabVIEW 7:

- Широкий спектр типів АЦП, робота з якими можлива із середовища LabVIEW.

- Простота підключення різних типів АЦП та гнучкість структури ЕН.

- Простота обробки та візуалізації результатів дослідження

Можливі обмеження LabVIEW 7:

- Висока вартість АЦП.
- Висока вартість ліцензії LabVIEW.
- Неможливість створення виконуваних файлів, тобто для запуску написаної програми необхідно встановити LabVIEW 7 (в нових версіях LabVIEW така можливість вже реалізована, але для вирішення поточних задач цілком достатньо і більш старої версії LabVIEW 7).

Складність реалізації графічного інтерфейсу, яка зумовлена відсутністю динамічної компоновки графічних елементів та складністю обробки подій графічного інтерфейсу.

Тим не менше переваги засобів LabVIEW компенсують існуючі обмеження, особливо при реалізації систем з гнучкою структурою і з необхідністю математичної обробки інформації в режимі on line. Крім того, фірмою National Instruments розроблені та пропонуються користувачам технічні

засоби для комплексування цифрових вимірювальних пристроїв з обчислювальним середовищем. Важливим компонентом таких систем є аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі.

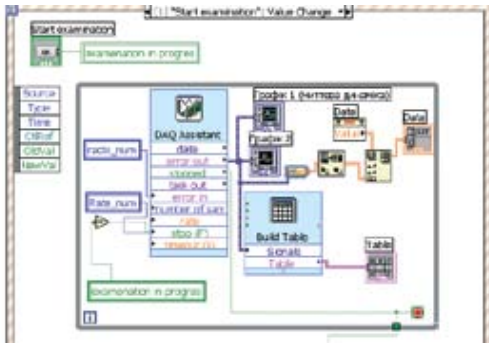


Рис. 5. Частина програмного коду, яка відповідає за підключення до АЦП та виведення результатів дослідження на графік

На рис. 5 зображений програмний елемент Event structure, всередині якого знаходиться набір віртуальних приладів, що реалізують логіку запуску вимірювання після натискання на кнопку START. VI DAQ Assistant надає нам інтерфейс взаємодії з АЦП NI USB-6009 (рис.6). Тут необхідно вказати вхідні параметри, що визначають умови роботи АЦП: частоту дискретизації (Rate_num) та розмір буферу даних (Ratix_num). На виході приладу (data) отримуємо дані вимірювання, які відображаються на графіку та записуються в таблицю.



Рис. 6. АЦП National Instruments USB-6009

Результати

Досвід використання амперметричних електрохімічних сенсорів дозволяє зробити висновок, що достовірність результатів експрес-діагностики визначається чутливістю сенсорів, стабільністю електронних підсилювачів, розрядністю АЦП, коливаннями температури і вологості навколишнього середовища. Основні похибки такої системи обумовлені динамікою формування амперметричними сенсорами вихідного струму, пропорційного концентрації відповідного газового компонента і лінійністю передаточної характеристики концентрація-струм. Відклики сенсорів зручно відображаються засобами LabVIEW (рис.7), що дозволяє мінімізувати динамічну похибку.

Таким чином, було розроблено 7-канальний програмно-апаратний комплекс «Електронний ніс» з набором амперметричних сенсорів, наведених у таб.1 (рис. 8), розроблена база для реєстрації антропометричних даних та даних вимірювань проб повітря видиху обстежуваних, розпочато процес вимірювання тестових проб та накопичення даних вимірювань груп обстежуваних, класифікованих за гендерною та віковою ознакою.

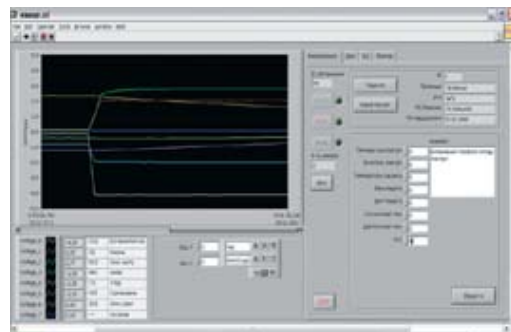


Рис. 7. Головне вікно програми ЕН, реалізованого у середовищі LabVIEW 7



Рис. 8. Програмно-апаратний комплекс «Електронний ніс»

Висновки

Розроблений пристрій ЕН на засадах селективних амперметричних сенсорів з використанням засобів LabVIEW.

Проаналізовані основні типи статичних і динамічних похибок. Запропонований спосіб нейтралізації впливу фонового струму сенсорів на результати вимірювань.

Засоби LabVIEW забезпечують можливість побудови систем експрес-діагностики типу ЕН із гнучкою структурою, дозволяють контролювати, мінімізувати похибки системи і обробляти результати вимірювань.

Література

1. Зубчук В.И., Кратик А.В., Сташкевич В.Ф., Якимчук В.С. О чувствительности диагностических газоанализаторов / Электроника и связь.- 2009.- Ч.2.-С. 222-224.
2. Долгополов Н., Яблоков М. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. Журн. 1/2008.
3. Чвірук В. П., Поляков С. Г., Герасименко Ю. С. Электрохимический мониторинг техногенных средовищ. / Видавничий дім "Академпериодика" НАНУ. Київ -2007. — 320 с.

Software and hardware system for rapid diagnosis on the basis of electrochemical sensors

Zubchuk V.I., Kratik A.V., Yakymchuk V.S.

Effective ENose system is realized with using firmware National Instruments LabVIEW. Such system contains sampler with set of selective gas sensors, amplifier-filters block, analog-digital converter and computer interface elements, which provide registration, recognition, visualization and documentation of diagnostic procedures. LabVIEW environment allows quickly calibrate the sensors channels, and if necessary to change the number and types of sensors that use different methods of recognition, just to rebuild the system to new tasks.

Keywords: Electronic nose, selective gas sensor, NI LabVIEW.

Программно-апаратний комплекс експрес-діагностики на основі електрохімічних сенсорів

В.И. Зубчук, А.В. Кратик, В.С. Якимчук

Рассмотрены особенности реализации экспрес-диагностики с помощью системы «Электронный нос» (ЕН) в среде LabVIEW. Такая система имеет в своем составе набор селективных сенсоров, усилители-фильтры, аналого-цифровой преобразователь и компьютер для регистрации, распознавания, визуализации и документирования диагностических процедур. Проанализированы основные типы ошибок при использовании амперметрических селективных сенсоров. Программно-аппаратные средства LabVIEW обеспечивают оперативное изменение структуры ЕН путем выбора необходимого состава сенсоров и методов распознавания результатов измерений. Ключевые слова: экспрес-диагностика, «электронный нос», LabVIEW.

УДК 004.432

Интеграция среды NI LabVIEW и других сред программирования

О.Г. Киселева*, М.В. Герасимчук
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»

В статье описываются возможности интеграции программ, написанных в среде разработки лабораторных виртуальных приборов NI LabVIEW, с программами, написанными на других языках и в других средах программирования.

Рассмотрены различные способы вызова внешнего программного кода и динамических библиотек (DLL) в среде LabVIEW. Описаны функции LabVIEW для обмена данными между приложениями с использованием технологий ActiveX и .NET, а также способы интеграции со средой MATLAB. Приведены варианты экспорта программного кода из среды NI LabVIEW.

Ключевые слова: NI LabVIEW, MathWorks MATLAB, DLL, компоненты ActiveX, технология .NET.

National Instruments LabVIEW (NI LabVIEW) представляет собой графическую среду программирования, предназначенную для разработки лабораторных виртуальных приборов, а также для разработки измерительных, испытательных и управляющих систем [1]. Интуитивно понятный процесс графического программирования позволяет программисту уделять больше внимания решению проблем, связанных с измерениями и управлением объектами и процессами предметной области, а не программированию. Среда NI LabVIEW интегрируется с исполнительными устройствами и измерительной аппаратурой различного типа от разных производителей. Кроме того, среда NI LabVIEW включает сотни встроенных библиотек для углубленного анализа и визуализации данных.

Однако, иногда возникают ситуации, когда встроенных средств LabVIEW недостаточно. В частности, необходимость внедрения внешнего программного кода возникает при разработке драйверов оригинальных устройств ввода/вывода или при передаче данных. Перед разработчиками часто встает задача обмена данными не только с измерительными приборами, но и с программными продуктами, разработка которых ведется в иных средах и, соответственно, на других языках программирования.

В связи с этим, система LabVIEW включает встроенные функции для вызова внешнего программного кода или динамических библиотек (DLL) и для обмена данными между приложениями с использованием технологий ActiveX и .NET. Кроме того, в LabVIEW есть возможность поддержки m-файлов среды MATLAB [2].

*Для листування: e-mail: olga.mmif@gmail.com

Возможности интеграции в среде NI LabVIEW

Среда графического программирования NI LabVIEW, разработанная на языке C, включает высокоуровневый язык разработки программных приложений и имеет встроенную поддержку большинства применяемых в настоящее время программных интерфейсов, таких как Win32 DLL, компоненты COM (ActiveX), технологии .NET, DDE (Dynamic Data Exchange), сетевые протоколы на базе IP, технологию DataSocket и др. Программные продукты, созданные с использованием LabVIEW, могут быть дополнены фрагментами кода, разработанными на традиционных алгоритмических языках программирования, например, C/C++. И наоборот, модули, разработанные в среде NI LabVIEW, можно использовать в проектах, создаваемых в других средах разработки программного обеспечения. Таким образом, LabVIEW позволяет разрабатывать практически любые приложения, взаимодействующие с различными видами аппаратных средств, поддерживаемых операционной системой компьютера. Программа в среде графического программирования описывается в виде блок-диаграммы графического языка G, элементы блок-диаграммы (узлы с терминалами ввода/вывода данных) задают различные математические, логические и специальные функции. Программы, написанные на LabVIEW, принято называть виртуальными приборами (ВП).

Вызов функций, написанных на внешних языках программирования, осуществляется с помощью библиотек коллективного доступа (Shared Library) и внедрения этих функций в ВП. Библиотека коллективного доступа состоит из набора функций, к которым приложение обращается во время выполнения программы, а не при компиляции. В Windows эти библиотеки называются библиотеками

динамической компоновки (Dynamic Link Library - DLL), в UNIX их называют разделяемые библиотеки (Shared Objects, Shared Libraries); в MacOS это объектные структуры (Frameworks).

Для вызова DLL в блок-диаграмме программы на LabVIEW используется узел «Вызов библиотечной функции» (Call Library Function Node).

В LabVIEW присутствует специальная структура блок-диаграммы, называемая узлом кодового интерфейса - УКИ (Code Interface Node - CIN), служащая для внедрения программного кода, написанного на ANSI C, в виртуальный прибор. УКИ вызывает исполняемый код, передает в него входные данные и возвращает данные после выполнения кода в блок-диаграмму. УКИ используется тогда, когда программный код неудобно преобразовывать в динамическую библиотеку. Стоит отметить то, что УКИ статически встраиваются в программу. Если изменяется код, то необходимо перекомпилировать ВП. ВП с УКИ не переносятся на другие платформы.

Программа, написанная в системе LabVIEW, может использоваться в качестве клиента или сервера в технологиях ActiveX [3].

ActiveX — это набор технологий, которые позволяют программным компонентам взаимодействовать друг с другом по сети или на локальной машине вне зависимости от того, на каком языке они написаны. В основе ActiveX лежит модель COM [3].

Модель COM (Component Object Model) — модель многокомпонентных объектов, которая реализует стандартный механизм, с помощью которого одна часть программного обеспечения предоставляет свои сервисы другой.

Технология Microsoft .NET является дальнейшим развитием технологии ActiveX. Так же как и ActiveX, .NET используется в LabVIEW для обеспечения доступа к другим

приложениям Windows. LabVIEW может использоваться как клиент .NET для доступа к объектам, свойствам и методам, связанным с серверами .NET. В то же время LabVIEW не является сервером .NET, то есть другие приложения не могут непосредственно взаимодействовать с LabVIEW через .NET. С помощью ВП, использующих .NET, можно получить доступ к сервисам Windows API (application programming interface, интерфейс программирования приложений). Среда периода выполнения .NET Framework включает сервисы компонентов COM+, среду периода выполнения для Web ASP.NET и поддержку ряда протоколов сервисов Web, таких как SOAP, WSDL и UDDI [4].

Среда LabVIEW позволяет вызывать сервер сценариев MatLab для выполнения кода, написанного на языке MATLAB, а также внедрять скриптовые коды на MathScript — текстовом языке математической обработки, включающем свыше 800 математических функций, функций обработки сигналов и анализа результатов.

Варианты подключения внешнего программного кода в систему NI LabVIEW

Рассмотрим три основных способа подключения внешнего программного кода в программный код среды разработки LabVIEW.

Первый и самый простой способ — запуск отдельной исполняемой программы. В этом случае можно вызвать любой исполняемый файл, написанный на другом языке программирования, который выполняет необходимые действия. Данные, полученные в результате его работы, можно использовать в дальнейшем. Вызов исполняемого файла осуществляется с помощью функции «Системная командная строка» (System Exec) из подпалитры функций среды LabVIEW «Средства

взаимодействия» — «Библиотеки и исполняемые программы» (Connectivity ⇒ Libraries & Executables) (Рис. 1).

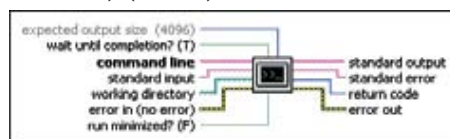


Рис. 1. Прототип узла «Системная командная строка» (System Exec)

Виртуальный прибор, изображенный на Рис.1, выполняет системную команду, которая может включать любые параметры, поддерживаемые внешним приложением. Для запуска программы с опциями необходимо использовать синтаксис: имя_файла.exe+опция1+опция2.

Также можно создать файл с расширением *.bat, который будет вызывать исполняемый файл и использовать функцию «Системная командная строка» для вызова этого файла.



Рис. 2. Пример использования узла «Системная командная строка»

Однако, такой подход довольно неудобен в том случае, если внешнее приложение получает или возвращает большой объем информации, так как данные принимаются/возвращаются с помощью стандартного потока ввода/вывода в виде строки. Таким образом, необходимо анализировать строковые данные, что достаточно неэффективно, в особенности при возврате многомерных массивов, структур и т.д. Данный способ лучше всего подходит для выполнения различных системных команд без необходимости принимать возвращаемые параметры.

Второй способ заключается в написании необходимого кода на ANSI C и внедрении его в блок-диаграмму с помощью функции «Узел кодового интерфейса» (Code Interface Node - CIN) из подпалитры функций LabVIEW «Средства взаимодействия» (Connectivity) - «Библиотеки и исполняемые программы» (Libraries & Executables). УКИ имеет терминалы для ввода и вывода данных. По умолчанию у УКИ есть лишь одна пара терминалов (для ввода/вывода значений). Можно переопределить размер УКИ для включения в него заданного числа параметров, как показано на рис. 3.

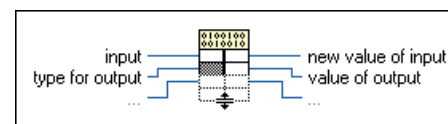


Рис. 3. Прототип Узла кодового интерфейса (Code Interface Node)

Каждая пара терминалов представляет собой пару вход/выход: левый терминал является входом, а правый - выходом. Однако, если функция возвращает больше выходных значений, чем входных (или вообще не имеет входных параметров), то есть возможность сменить тип терминала на «Только выход». Файл *.c, генерируемый LabVIEW в стиле языка программирования C (рис. 4 (а)), является шаблоном, в котором в последствии размещается оригинальный C-код.

Пример кода программы, вычисляющей среднее значение массива чисел, и процесс внедрение её в блок-диаграмму (про-

граммный код) ВП приведен ниже:

```
#include «extcode.h»
typedef struct {
    int32 dimSize;
    float64 Numeric[1];
} TD1;
typedef TD1 **TD1Hd1;
MgErr CINRun(TD1Hd1 InputData, float64 *arg1, int32 *errorCode);
MgErr CINRun(TD1Hd1 InputData, float64 *arg1, int32 *errorCode)
{
    int i=0;
    for(i=0; i <
(*InputData)->dimSize; i++)
        *arg1 += (*InputData) ->Numeric[i];
    *arg1 /= (*InputData) ->dimSize;
    return noErr;
}
```

Для успешной компиляции необходимо создать make-файл следующего содержания:

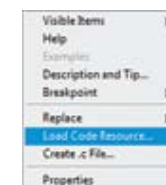
```
name = cinexample
type = CIN
!include $(CINTOOLSDIR) \
ntlvb.mak
```

При использовании компилятора Microsoft Visual C++ можно скомпилировать файл среды LabVIEW (*.lvn) с помощью команды:

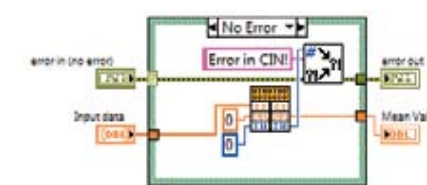
```
nmake /f cinexample.lvn.
```



а)



б)



в)

Рис. 4. Настройка Узла кодового интерфейса

После компиляции и преобразования полученного объектного кода в непосредственно загружаемый в LabVIEW формат, необходимо загрузить объектный код в память, выбрав опцию «Загрузить кодовый ресурс» (рис. 4 (б)) (Load Code Resource) из контекстного меню УКИ и указав файл *.lsb, созданный при компиляции исходного кода.

Фрагмент блок диаграммы, иллюстрирующий подключение внешнего кода с помощью УКИ показан на рис. 4 (в).

Есть одно важное обстоятельство, в случае если решаемая задача предъявляет повышенные требования к синхронизации процессов в программе. Вызовы УКИ выполняются синхронно, то есть, в отличие от большинства других задач в LabVIEW, они не разделяют процессорное время с другими задачами LabVIEW. Например, если имеется УКИ и цикл с фиксированным числом итераций (For Loop) на одинаковом уровне в блок-диаграмме, то цикл с фиксированным числом итераций приостанавливает выполнение до тех пор, пока УКИ не завершится.

Еще один важный факт, касающийся узлов кодового интерфейса: в отличие от виртуальных приборов, они абсолютно переносимы с одной платформы на другую. Среди прочих недостатков использования данного подхода является использование лишь поддерживаемого LabVIEW компилятора (Таблица 1), а также написание внешнего кода на строге ANSI C.

Таблица 1. Поддерживаемые LabVIEW компиляторы

Платформа	Компилятор
Windows	Microsoft Visual C++
MacOS X	Xcode
UNIX	gcc

Третьим, наиболее распространенным и удобным способом внедрения внешнего кода в виртуальный прибор, является подключение

библиотеки динамической компоновки (DLL) в Windows, разделяемой библиотеки (Shared Libraries) в UNIX или объектной структуры (Frameworks) в MacOS, с помощью ВП «Вызов библиотечной функции» (Call library function) из подпалитры функций «Средства взаимодействия» (Connectivity), которая называется «Библиотеки и исполняемые программы» (Libraries & Executables).

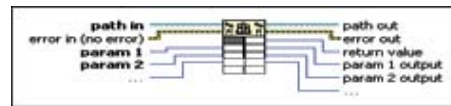


Рис. 5. Прототип ВП «Вызов библиотечной функции» (Call library function)

В отличие от УКИ, для создания таких библиотек можно использовать любой компилятор процедурного языка, позволяющий создавать библиотеки динамического связывания (для Windows).

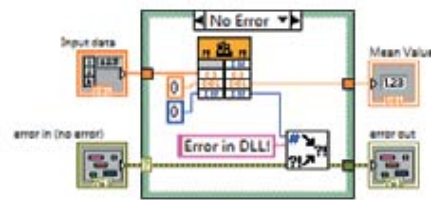


Рис. 6. Использование узла Вызов библиотечной функции (Call library function)

Данный способ является наиболее простым и эффективным в использовании. Можно скомпилировать DLL библиотеку с несколькими функциями и подключить один *.dll файл в нескольких местах блок-диаграммы, вызывая различные функции. Кроме того, есть возможность воспользоваться множеством уже готовых DLL библиотек. Необходимо лишь точно знать назначение функций, содержащихся в библиотеке. В ряде случаев, базовые драйверы для микросхем или плат

сбора/передачи данных поставляются их производителями в виде набора DLL, рассчитанных на применение в текстовых языках.

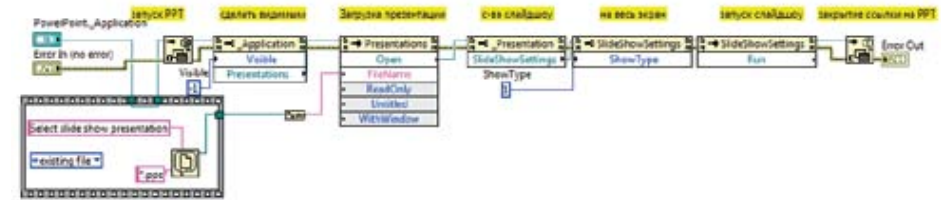


Рис. 7. Блок-диаграмма ВП для запуска презентации PowerPoint

Использование технологии ActiveX в системе NI LabVIEW

Систему LabVIEW можно использовать для коммуникации с объектными структурами ActiveX и .NET на платформах Windows. Технологии ActiveX и .NET, поддерживаемые LabVIEW, сгруппированы в 2 категории: «Серверы» и «Элементы управления». Причем, «Сервер» — это приложение, работающее вне LabVIEW, а «Элемент управления» — это компонент, который помещается на лицевую панель ВП.

Для обеспечения доступа к приложению, поддерживающему ActiveX, необходимо установить на блок-диаграмме функцию «Открыть автоматизацию» (Automation Open) и с помощью константы или элемента управления установить ссылку к приложению. Установка ссылки производится с помощью строки «Выбрать класс ActiveX» (SelectActiveX Class) в контекстном меню константы или элемента управления в системе LabVIEW. К выходу ссылки функции «Открыть автоматизацию» могут подключаться входы ссылки узлов свойств и методов. После завершения выполнения, ссылка на объект ActiveX должна быть закрыта с помощью функции «Закрыть автоматизацию» (Automation Close). Закрытие ссылки удаляет объект из памяти. С помощью функции «Узел свойств» (Property Node), запросов (Invoke

node) и функции обратного вызова событий можно считывать/записывать свойства, вызывать и регистрировать события.

В качестве примера использования функций ActiveX для управления приложением на рис. 7 показана часть блок-диаграммы, иллюстрирующая запуск презентации PowerPoint из ВП.

Объекты ActiveX могут быть видимыми для пользователя, такими, например, как кнопки, окна, документы и диалоговые окна, или невидимыми, такими как реестровые объекты приложения. В LabVIEW отображаемые объекты ActiveX, с помощью которых формируется пользовательский интерфейс, устанавливаются на лицевой панели в контейнер ActiveX, находящийся в палитре элементов разработки интерфейса пользователя «Контейнеры» (Containers). Установка производится с помощью строки «Вставить объект ActiveX» (Insert ActiveX Object) контекстного меню контейнера. Методы и свойства отображаемых объектов могут устанавливаться программно с помощью узлов методов и свойств. С помощью этих же узлов могут определяться методы и свойства неотображаемых объектов ActiveX, связанных с вызываемым приложением. При использовании контейнера ActiveX открывать и закрывать ссылку на объект ActiveX не требуется.

На рис. 8 изображена блок-диаграмма и окно простого интернет браузера, реализованного как ActiveX компонент в ВП в среде LabVIEW.



Рис. 8. Блок-диаграмма и лицевая панель простейшего интернет-браузера

Использование технологии Microsoft .NET в системе NI LabVIEW

Использование технологий .NET и ActiveX в LabVIEW почти не отличается. Для иллюстрации использования технологии .NET на рис. 9 приведена блок-диаграмма простейшего ВП, позволяющего суммировать два числа и отображать результат.

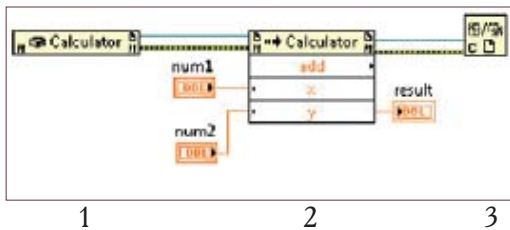


Рис. 9. Блок-диаграмма ВП, выполняющего операцию сложения двух чисел: 1) Формирование экземпляра объекта .NET; 2) Вызов метода сложения; 3) Закрытие ссылки на объект .NET

Интеграция системы NI LabVIEW с пакетом прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB

Существует два способа внедрения скриптов m-файлов, разработанных в среде MATLAB, в программные коды среды LabVIEW.

Первый способ — использование узла «MATLAB script» (рис. 10). Данный узел вызывает программное обеспечение MATLAB для выполнения требуемых скриптов [5].

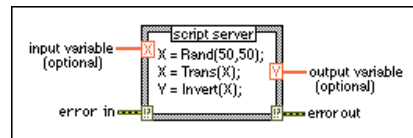


Рис. 10. Прототип узла MATLAB script

Для использования «MATLAB script» необходимо программное обеспечение MATLAB версии 6.5 или более поздней. Поскольку LabVIEW использует технологию ActiveX для обеспечения связи с MATLAB, узел «MATLAB script» доступен только на Windows платформах.

Использование узла «MATLAB script» показано на примере решения обыкновенного дифференциального уравнения аттрактора Лоренца (рис. 11).

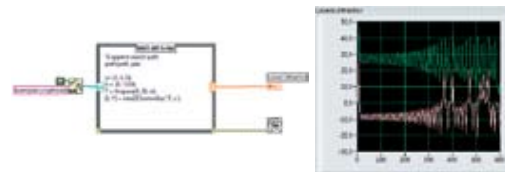


Рис. 11. Блок-диаграмма и лицевая панель ВП для решения дифференциального уравнения Лоренца

Второй способ — использование окна и узла MathScript. MathScript поддерживает как интерактивный, так и программный интерфейс с LabVIEW. Интерактивный интерфейс обеспечивается с помощью функции «Окно MathScript» (MathScript Window), которое запускается из меню Tools системы LabVIEW (рис. 12).

Окно MathScript используется для редактирования и выполнения математических команд, создания математических скриптов и отображения переменных в табличном или графическом виде. В этом окне выполняется большинство скриптов, записанных в соответствии с синтаксисом языка MATLAB, но существует ряд функций языка MATLAB, которые не поддерживаются в окне MathScript системы LabVIEW.

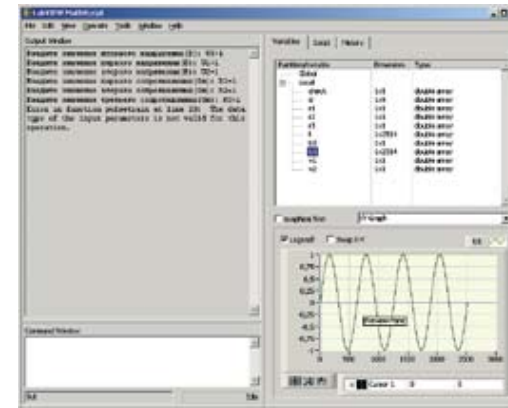


Рис. 12. Окно MathScript (MathScript Window)

Связь функций, интегрированных из MatLab, с интерфейсом пользователя в LabVIEW осуществляется с помощью узла «MathScript» (MathScript Node) — структуры, которая позволяет выполнять скрипты в блок-диаграмме LabVIEW (рис. 13).

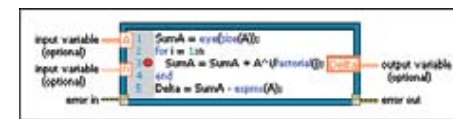


Рис. 13. Прототип узла MathScript (MathScript Node)

На рис. 14 показан фрагмент блок-диаграммы для фильтрации звукового сигнала с помощью фильтра Баттерворта.

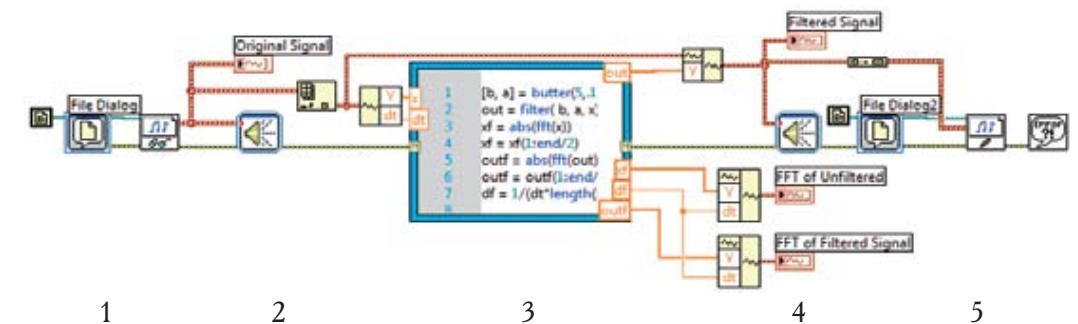


Рис. 14. Блок-диаграмма ВП для фильтрации звукового сигнала: 1) Открытие зашумлённого .wav файла; 2) Проигрывание .wav файла; 3) Фильтрация сигнала; 4) Проигрывание отфильтрованного файла и отображение результата; 5) Сохранение отфильтрованного звукового файла

Наряду со встроенными функциями, функционал окна MathScript позволяет пользователю определять собственные функции. После описания функции ее необходимо сохранить в папке, путь к которой указан в диалоговом окне MathScript «Preferences». Диалоговое окно вызывается с помощью строки меню Файл (File) «Предпочтения» (Preferences). Имя файла функции должно быть таким же, как и имя самой функции, и иметь расширение *.m в нижнем регистре.

Экспорт кода из среды NI LabVIEW

Среда разработки лабораторных виртуальных приборов NI LabVIEW может работать и в другом направлении. Когда необходимо, чтобы внешний код обращался к программе на LabVIEW, то можно экспортировать ВП в исполняемый *.exe файл, DLL библиотеку в Windows, разделяемую библиотеку (Shared Libraries) в UNIX или объектную структуру (Frameworks) в MacOS и подключить её в других программах.

Для создания динамической библиотеки из ВП необходимо создать проект и, добавив в «Менеджере проекта» (Project Explorer) необходимый виртуальный прибор, выбрать элемент «Настройки компоновки»

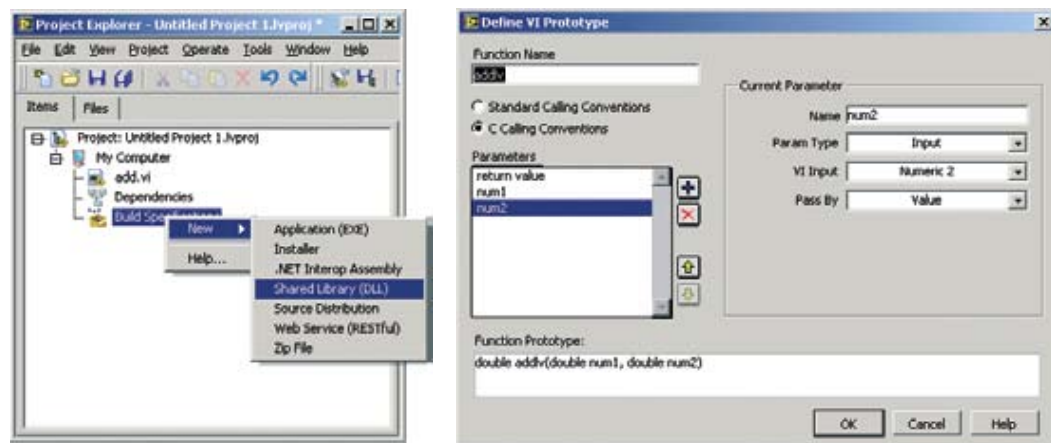


Рис. 15. Экспорт ВП в динамическую библиотеку DLL

(Build Specifications), а в нем — «Библиотека общего доступа (DLL)» (Shared Library (DLL)) (рис. 15(a)).

После определения функции (предварительно настроив «Соединительную панель» (Connector) ВП), что изображено на рис. 15(б), можно создавать DLL-библиотеку. Созданные *.dll и *.lib файлы подключают в сторонние проекты на других языках программирования. Единственным недостатком использования таких динамических библиотек является необходимость установки модуля NI LabVIEW Run-Time Engine.

Ещё одним способом экспорта кода из LabVIEW является использование NI LabVIEW C Generator для генерации ANSI C кода спроектированного ВП.

Также, LabVIEW предоставляет доступ к свойствам и методам самой среды или определенного ВП другим приложениям ActiveX (например, Microsoft Excel, Visual Basic и т.д.) посредством интерфейса сервера ВП. Доступ к функциям сервера ВП осуществляется по протоколу TCP/IP (только из других приложений LabVIEW), через функции блок-диаграммы среды LabVIEW и посредством ActiveX. Разрешив работу ActiveX-сервера, можно создавать внеш-

ние программы на других языках программирования, например, на Visual Basic или C++, которые будут взаимодействовать с LabVIEW.

Выводы

LabVIEW является мощным инструментом программирования, на котором можно решать практически любые задачи, связанные с разработкой систем сбора, анализа, обработки или тестирования данных. При разработке таких приложений, встроенные функциональные возможности системы LabVIEW иногда не являются оптимальным решением или же отсутствуют вовсе. Именно поэтому и появляется необходимость подключения в программы, написанные в LabVIEW, дополнительного программного кода или библиотек. И хотя компилятор LabVIEW обычно создает код, который достаточно быстро выполняется, узлы кодового интерфейса и динамические библиотеки являются полезными инструментами для решения задач, выполняющихся в реальном времени, задач, которые требуют большого количества манипуляций с данными, или при условии, если уже имеется много разработанного кода на других языках програм-

мирования. Так, например, узел «Системная командная строка» полезен при решении задач выполнения системных утилит.

Ещё одной важной причиной для внедрения динамических библиотек является подключение дополнительного оборудования для сбора данных. Виртуальные приборы LabVIEW предназначены только для работы с системами сбора данных производства National Instruments. Если же используется оборудование сторонних разработчиков, то единственным способом подключения драйверов таких устройств является использование внешнего программного кода, в частности, динамических библиотек. Кроме того, иногда возникает необходимость обмена данными и взаимодействия с другими программными продуктами. Для этих целей в LabVIEW существует поддержка технологий Ms .NET и ActiveX. А благодаря интеграции среды программирования LabVIEW с сервером сценариев MATLAB становится возможным использование множества скриптовых m-файлов, написанных ранее в системе MATLAB, в виртуальных приборах LabVIEW.

Литература

Тревис, Дж. LabVIEW для всех / Дж. Тревис, Дж. Кринг. — М.: ДМК пресс, 2008. — 880 с.

Курбатова Екатерина Анатольевна. MATLAB 7. Самоучитель. — М.: «Диалектика», 2005. — 256 с.

Понамарев В. COM и ActiveX в Delphi. - БХВ-Петербург, 2001. — 320 с.

Ньюкомер Э. Веб-сервисы. XML, WSDL, SOAP и UDDI. - Питер, Издательский дом, 2003 г. — 256 с.

Суранов, А. Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям / А. Я. Суранов. — М.: ДМК пресс, 2007. — 536 с.

Інтеграція середовища NI LabVIEW з іншими мовами програмування

О.Г. Кисельова, М.В. Герасимчук

В статті описуються можливості інтеграції програм, написаних у середовищі розробки лабораторних віртуальних приладів NI LabVIEW, з програмами, написаними на інших мовах і в інших середовищах програмування.

Розглянуто різні способи виклику зовнішнього програмного коду та динамічних бібліотек (DLL) в середовищі LabVIEW. Описано функції LabVIEW для обміну даними між додатками з використанням технологій ActiveX та .NET, а також способи інтеграції із середовищем MATLAB. Наведено варіанти експорту програмного коду із середовища NI LabVIEW. **Ключові слова:** NI LabVIEW, MathWorks MATLAB, DLL, компоненти ActiveX, технологія .NET.

Integration of NI LabVIEW software with other programming technologies

O.G. Kyselova, M.V. Gerasymchuk

This paper describes the integration process of NI LabVIEW software and other type of software development technologies.

Different types of programming technologies and software development systems were describes, specifically ActiveX and .NET technologies and MatLab software. One part on the paper is dedicated to reverse engineering form NI LabVIEW.

Key words: NI LabVIEW, MathWorks MATLAB, DLL, ActiveX components, .NET technology.



Ультрасонографія при інфекційних захворюваннях / [Абдуллаєв Р.Я., Митник З.М., Федько А.А., Бубнов Р.В.] – Харьков: Нове слово, 2010. – 199 с. : с ил.

Дане видання – перший в Україні навчальний посібник, присвячений ультразвуковій діагностиці патологічних змін органів при інфекційних захворюваннях, містить понад 700 сонограм. Книга розрахована на лікарів ультразвукової діагностики, інфекціоністів, гастроентерологів, терапевтів, педіатрів, кардіологів, лікарів інтернів, студентів медичних вузів. У книзі висвітлені окремі аспекти інноваційних методик сучасної ультрасонографії, тому видання може бути корисним фахівцям, які працюють у суміжних з УЗД технічних спеціальностях, медичній інженерії.



Ультрасонографія в артрології / [Абдуллаєв Р.Я., Дзяк Г.В., Хвисько А.Н., Дудник Т.А., Бубнов Р.В., Федько А.А.] – Харьков: Нове слово, 2010. – 192 с. : с ил.

В практичному керівництві розглянуто основні аспекти ультразвукової анатомії, визначені покази до проведення УЗД, докладно описана ультразвукова семіотика патології усіх суглобів, м яких тканин та ушкоджень їх структур. Видання містить понад 600 ілюстрацій. Розраховано на лікарів ультразвукової діагностики, лікарів радіологів, ортопедів-травматологів, лікарів інтернів, студентів медичних вузів.



Ультрасонографія в неврології / [Абдуллаєв Р.Я., Марченко В.Г., Дзяк Л.А., Федько А.А., Федак Б.С., Бубнов Р.В.] – Харьков: Нове слово, 2010. – 152 с. : с ил.

Дане видання – перший в Україні навчальний посібник по використанню ультразвукової діагностики в неврології. У ньому представлено понад 400 сонограм - ілюстрацій атеросклеротичного ураження сонних артерій, різні прояви синдрому хребтової артерії при остеохондрозі, а також сучасні методи протибольової терапії та принципи візуалізації периферійних нервів.

<http://www.rostbubnov.narod.ru/> – портал «Медицина Українською Українська медична сторінка»



Це унікальний проект Ростислава Бубнова, лікаря Центру ультразвукової діагностики та інтервенційної сонографії Клінічної лікарні «Феофанія». Студенти, лікарі, а також науковці і дослідники у галузі біомедичної інженерії знайдуть тут для себе багато цікавої інформації. Сторінка включає у себе базу історій хвороб, розроблених автором, нормативних документів, описів найпоширеніших захворювань, літературу та посилання по найактуальнішим розділам біомедичної інженерії та багато іншої цікавої інформації.

ТРАДИЦІЇ КУЛЬТУРИ ЗДОРОВ'Я - МИРУ
НАУЧНО - ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ И ВНЕДРЕНЧЕСКОЕ ЧАСТНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ



УКРТЕХМЕД



Украина, г. Киев, 03680
Ул. С.Соснинных 9, оф. 301
т/ф (+38044) 406-61-33, 209-15-58
501-40-32 (многоканальный)

**Хирургические Атравматические Технологии,
Реабилитационные Инструменты и МАтериалы,**

www.utm.com.ua
e-mail: info@utm.com.ua
kolomayadanna@viplan.kiev.ua

НПВ ЧП "УКРТЕХМЕД" совместно с Центром КОН ТЭОС "Ки'Сва" презентует специализированную медицинскую международную программу "АСК'ЛЕПИИ"

В мире есть много организаций и фирм, которые заботятся о здоровье всех. И только наше предприятие - УКРТЕХМЕД, постоянно заботится лично о Вашем физическом, психическом и духовном здоровье, ДОРОГИЕ НАШИ ХИРУРГИ!

В связи с этим, впервые в мировой медицинской практике нам реально удалось на основе гармоничного соединения лучших достижений древнейших традиций и новейших технологий разработать и предложить к широкому применению в хирургической практике оригинальную, уникальную систему комплексной Гармонизации - Активизации - Адаптации - Реабилитации - Нейтрализации - Оптимизации - Объективизации (СК ГААРНОО) с высокоэффективным инструментально-аппаратным методом газоразрядной визуализации (ГРВ) для максимально объективной экспертизы, диагностики, анализа и прогнозирования состояния и динамики вашего физического, психического, духовного здоровья, профессионального благополучия и долголетия.
ВСЁ ЭТО МЫ ДЕЛАЕМ ВМЕСТЕ С ВАМИ ВО БЛАГО ЗДОРОВЬЯ, ДОЛГОЛЕТИЯ И ПРОЦВЕТАНИЯ НАЦИИ.



ХИРУРГИЧЕСКИЕ НИТИ

Патент №30783 „Способ изготовления мононити хирургической“
Отечественный разработчик и отечественные материалы

**Капрон, полипропилен, полиэфир
полигликолид (ПГА), капромед**

Потребителями наших хирургических нитей являются свыше 750 лечебных учреждений Украины



ИГЛЫ АТРАВМАТИЧЕСКИЕ

Патент №27856 „Атравматична голка та спосіб її виготовлення“
Патент №2012247 „Способ изготовления корпусов атравматических игл“

Для всех видов хирургии

Длина: от 5 мм до 50 мм
Форма тела: колющая, режущая, таперкат, мультикерв
Окружность: 1/4, 3/8, 1/2, 5/8
С рассасывающимися и нерассасывающимися хирургическими нитями всех видов

Наши специалисты первыми в Украине разработали и запатентовали способ изготовления и корпус иглы атравматической, и наладили её серийное производство



Размеры сетки (см):
6x11
6x12
10x15
15x15
20x10
20x15
28x20
28x28
28x38
30x30
35x35

ЭНДОПРОТЕЗЫ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫЕ СЕТЧАТЫЕ („Украинская эластичка“)

Свидетельство о регистрации №4977/2006 „Сетки полипропиленовой хирургичной стерильной“
Патент №30497 „Сетка хирургичная с застосуванням мононити хирургичной“

Впервые в отечественной практике мы разработали и серийно выпускаем сетку полипропиленовую хирургическую стерильную для восстановительной хирургии.
Применяется с февраля 2004г. С начала применения проведены десятки тысяч операций в Украине и за рубежом с отличным результатом.



Мы міцно і надійно стояли, стоїмо і будемо стояти вічно на надійній багатотисячолітній нашій загальнослов'янській традиції культури захисту і розвитку здоров'я нашого Роду.
Кредо професійної діяльності колективу „УКРТЕХМЕД“ - е: ЗНАЄМО - ВМІЄМО - МОЖЕМО - ХОЧЕМО - РОБИМО.
На благо Землі, Людства, Всесвіту.
З вдячністю до Минулого, на славу Дійсного, в ім'я Майбутнього

АБИТУРІЄНТ-2011
**МІЖУНІВЕРСИТЕТСЬКИЙ
МЕДИКО-ІНЖЕНЕРНИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
НТУУ «КПІ» – НМУ**


Заснований 24 грудня 2002 року спільним договором між Національним медичним університетом імені О.О. Богомольця та Національним технічним університетом України «Київський Політехнічний Інститут».

До складу факультету входять: випускові кафедри - медичної кібернетики та телемедицини, біомедичної інженерії, лікувально-діагностичних комплексів, фізичної реабілітації; кафедри загального профілю — фізичного виховання, спортивного вдосконалення, теорії та методики фізичного виховання; навчально-науковий медико-інженерний центр.

КАФЕДРА МЕДИЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ ТА ТЕЛЕМЕДИЦИНИ
КАФЕДРА ЛІКУВАЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Напрямок: 0501 «Комп'ютерні науки»; бакалаврат: 6.050101 «Інформаційні управляючі системи та технології». Магістратура: «Медична кібернетика та інформаційні технології в телемедицині».

Кафедри готують фахівців для роботи на теоретичних та клінічних кафедрах вищих медичних навчальних закладів МОЗ України, в науково-дослідних інститутах АМН України, державних та приватних закладах охорони здоров'я, в фармакологічних компаніях, в спільних діагностичних закладах України та провідних країн світу на посадах: науковий співробітник обчислювальних систем, науковий співробітник в галузі обчислень, інженер-програміст, інженер з програмного забезпечення комп'ютерів, аналітик комп'ютерних систем, адміністратор системи, адміністратор баз даних, адміністратор комп'ютерних комунікацій, програміст прикладний, програміст системний, інженер із застосування комп'ютерів. (денна форма навчання).

КАФЕДРА БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Напрямок: 0909 «Прилади». Бакалаврат 6.051003 «Приладобудування» Спеціалізація: 7.090905 «Медичні прилади та системи» **Магістратура:** 8.090905 «Медичні прилади та системи» Аспірантура, докторантура: 05.11.17 — «Біологічні та медичні прилади і системи».

Студенти і аспіранти кафедри проходять підготовку з медичних та інженерно-технічних дисциплін на базах провідних науково-дослідних інститутів НАН, АМН, МОН та МОЗ України для подальших науково-дослідницьких та практичних робіт з розробки, сервісного обслуговування, експлуатації, сертифікації: медичної техніки, виробів медичного призначення, біоматеріалів та біонанотехнологій - в закладах охорони здоров'я, на виробництві, в науково-дослідних та навчальних закладах; на посадах наукових співробітників, викладачів, інженерів, менеджерів всіх рівнів і категорій. Вони можуть приймати безпосередню участь в лікувально-діагностичних заходах пов'язаних з використанням біоінженерних та медико-інженерних технологій та складної медичної техніки. (денна форма навчання).

КАФЕДРА ФІЗИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ

Галузь знань: 0102 «Фізичне виховання, спорт і здоров'я людини». **Бакалаврат:** **Напрямок** 6.010203 «Здоров'я людини». **Спеціальність:** 7.010202 «Фізична реабілітація».

Кафедра здійснює підготовку фахівців з фізичної реабілітації і оздоровлення людини. У процесі навчання студенти набувають ґрунтовних знань і умінь з медико-біологічних та педагогічних питань теорії, методики та практики фізичного виховання, нетрадиційних видів оздоровчої фізичної культури і масажу, методів фізичної реабілітації, технічних засобів з оздоровлення, фізичної реабілітації, фізичного виховання і спорту. Крайні випускники кафедри та фахівці навчаються в аспірантурі кафедри за спеціальністю 24.00.03 «Фізична реабілітація». (Денна, заочна та екстернатна форма навчання)



Телефон: +380(44) 454-96-84, 454-96-83, 406-85-74, 406-81-19,
E-mail: mmif@kpi.ua www.mmif.kpi.ua



Україна, 03680, Київ, вул. Зоологічна, 3-я
тел. (044) 277 35 06, 277 35 07, факс (044) 277 35 09
e-mail: office@gambramed.com.ua.

КАПЛЯРНІ ОКСИГЕНАТОРИ

CARIOX® RX



CARIOX® RX25



CARIOX® RX15



CARIOX® RX05



CDI™ 500

СИСТЕМА МОНИТИНГУ ПАРАМЕТРІВ КРОВІ

- Низький об'єм заповнення
- Незначне падіння тиску

- Неперевершений перенос O₂

- Безперервне визначення одиницями критично важливих параметрів
- Лабораторна точність
- Вбудований принтер
- Автоматична калібровка

КЛЮЧЕВОЕ МЕРОПРИЯТИЕ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ МЕЖДУНАРОДНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ФОРУМ 27.09 – 30.09.2011

КИЕВЭКСПОПЛАЗА
Київ, ул. Салютная, 2-Б (ст. метро "Нивки")



Организаторы:

- Комитет Верховной Рады Украины по вопросам здравоохранения
- Министерство здравоохранения Украины
- Национальная академия медицинских наук Украины



Партнеры:



МЕЖДУНАРОДНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ФОРУМ:

- Повышение уровня квалификации специалистов;
- Расширение и обновление профессиональных знаний;
- Ознакомление с новыми технологиями и возможностями их применения в различных областях современной медицины;
- Содействие развитию и модернизации медицинских учреждений Украины и формированию комплексного подхода к материально-техническому обеспечению их деятельности.

В РАМКАХ ФОРУМА:



2-я Международная специализированная выставка комплексных решений и обеспечения медицинских учреждений «MEDCOMPLEX-2011»

- специализированная экспозиция-конференция «Медицинская лаборатория»
- специализированная экспозиция-конференция «Диагностика»
- специализированная экспозиция «Реабилитация и физиотерапия»
- специализированная экспозиция «Medical SPA»
- экспозиция «Инновации в медицине»



2-я Международная специализированная выставка санаторно-курортных учреждений, реабилитационных центров и лечебно-профилактических учреждений «Здравниця.UA-2011»

Соорганизаторы:

- Український ІННІ медичинської реабілітації та курортології МЗ України
- Фонд социального страхования по временной потере работоспособности
- ОО «Специалисты в области природных лечебных ресурсов»
- Українська асоціація курортних підприємств
- Українська асоціація курортних підприємств

Генеральный партнер:



Генеральный информационный партнер:



ДЕЛОВАЯ И НАУЧНАЯ ПРОГРАММА:

- III Международная конференция главных врачей Украины.
- III Научно-практическая конференция по лабораторной медицине.
- Научно-практическая конференция по вопросам современных методов диагностики.
- Конференция главных врачей санаторно-курортного комплекса Украины.
- Конференция «Дни SPA индустрии» для руководителей и специалистов SPA индустрии Украины.
- Семинары, тренинги и мастер-классы для специалистов.

УВАЖАЕМЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ СФЕРЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ!

Приглашаем Вас принять участие в работе
МЕЖДУНАРОДНОГО МЕДИЦИНСКОГО ФОРУМА!

Контактная информация:



Компания «LMT Corporation»:
Тел.: +380 44 526 93 09, +380 44 361 07 21
Тел./Факс: +380 44 526 92 89
e-mail: med@lmt.kiev.ua, lmt@lmt.kiev.ua, www.lmt.kiev.ua

Генеральный информационный партнер:



Информационный интернет партнер: Doctor.

Информационный спонсор:



Контент партнер: Conference house

Генеральный специализированный партнер:



Официальный туроператор:

Информационные партнеры:

