

УДК 531/534: [57+61]

## **ЛАБОРАТОРИИ БИОМЕХАНИКИ НИЖЕГОРОДСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ – 20 ЛЕТ**

**Н.М. Анишкина<sup>1</sup>, В.А. Антоненц<sup>1</sup>, А.П. Ефимов<sup>2</sup>, Г.В. Смирнов<sup>3</sup>, Н.Н. Рукина<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Институт прикладной физики Российской академии наук, Россия, 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, e-mail: antva@appl.sci-nnov.ru, nina@appl.sci-nnov.ru

<sup>2</sup> Автономная некоммерческая организация «Межрегиональный центр восстановительной медицины и реабилитации», Россия, 603163, Нижний Новгород, Казанское шоссе, 16/1, e-mail: antef@nm.ru

<sup>3</sup> Федеральное государственное учреждение «Нижегородский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Росмедтехнологий», Россия, 603155, Нижний Новгород, Верхневолжская наб., 18, e-mail: donchenko@info.sci-nnov.ru

**Аннотация.** Описана история организации совместной лаборатории биомеханики Нижегородского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии и Института прикладной физики Российской академии наук. Приведены сведения о разработанных методах исследования опорно-двигательной системы человека, используемых в клинической и космической медицине.

**Ключевые слова:** биомеханика, опорно-двигательная система человека, акселерометрические методы исследования, двигательная деятельность человека, локомоции, вибрационная диагностика органов движения, динамометрия, кинезитерапия, стабиллография, космическая медицина, клиническая медицина.

### **Введение**

Первые совместные работы с Горьковским институтом травматологии и ортопедии и Институтом прикладной физики Академии наук СССР с использованием принципов биомеханики велись по договорам о научно-техническом сотрудничестве. Так, в 1981–1984 годах между Институтом прикладной физики, Горьковским институтом травматологии и ортопедии и медсанчастью Горьковского автозавода, известной своим высоким уровнем научных и практических работ и располагавшей прекрасными возможностями для реабилитации, был заключён договор ("Разработка методик исследования опорно-двигательного аппарата человека" (на основе применения пьезоакселерометров, разработанных Институтом прикладной физики, и методов спектрального анализа)).

Почти одновременно проводились работы по договору на 1982–1984 годах между Институтом прикладной физики, Горьковским институтом травматологии и ортопедии и Среднеазиатским медицинским педиатрическим институтом Министерства здравоохранения СССР (г. Ташкент) "Разработка методик исследования функционального состояния элементов сустава человека на основе применения современных методов спектрального анализа" (с использованием пьезоакселерометров, разработанных и изготовленных в Институте прикладной физики). В 1984 году был

заключён договор между Институтом прикладной физики, Горьковским институтом травматологии и ортопедии и Институтом медико-биологических проблем Министерства здравоохранения СССР на 1984–1985 годы ("Разработка методик контроля и реабилитации двигательной системы в условиях, моделирующих невесомость", на основе методов и средств, предложенных совместно Институтом прикладной физики и Горьковским институтом травматологии и ортопедии).

В результате этих исследований были разработаны акселерометрические методы вибрационной диагностики органов движения по сопровождающим локомоционные акты вибрациям, наблюдаемым в диапазоне частот от единиц до тысяч герц, в процессе трудовой деятельности, клинических исследований и реабилитации людей различных профессиональных групп. Методы основаны на анализе вибрационных ускорений элементов опорно-двигательного аппарата человека, сопровождающих выполнение естественных и специальных тестовых движений. Работы были начаты по инициативе Н.М. Анишкиной (Институт прикладной физики) и д.м.н. А.П. Ефимова (Горьковский институт травматологии и ортопедии). Позднее к ним подключился В.А. Антонец (Институт прикладной физики). Основные участники работы из других организаций на первом этапе совместных работ: д.м.н. Ш.М. Ахмедов (Среднеазиатский медицинский педиатрический институт, г. Ташкент), биофизик Т.Б. Буданова (Сингосина) и ведущий инженер НПО "Кварц" И.П. Краснощёков. Результаты были включены в отчёт АН СССР за 1983 год. Суть проведенных исследований заключалась в следующем.

Двигательная деятельность человека сопровождается вибрациями, изучение которых можно использовать для оценки функционального состояния его опорно-двигательной системы.



Рис. 1. Лаборатория биомеханики в первые годы работы (слева направо сидят): Н.М. Анишкина, А.П. Ефимов, Е.А. Пономарёва; (слева направо стоят): А. Волкович, В.В. Суздальцева



Рис. 2. Авторы статьи: Н.М. Анишкина, Н.Н. Рукина, В.А. Антонец, А.П. Ефимов, Г.В. Смирнов

В практике травматологии, ортопедии, неврологии, физиологии труда, спортивной и авиакосмической медицины для исследования функционального состояния опорно-двигательной системы применяется много различных методик и специальной аппаратуры. С их помощью изучаются статические, кинематические и динамические параметры движений: траектории, скорости, временные диаграммы двигательных циклов, взаимодействие тела с опорной поверхностью при стоянии и ходьбе. С помощью электромиографии, электроэнцефалографии и других методов исследуются также косвенные показатели двигательной активности, а именно электрическая активность нервно-мышечной системы. Аппаратура, применяемая в этих исследованиях, зачастую сложна, громоздка и дорогостояща. Следует сказать также о том, что в клинической практике и при проведении научных исследований в интересах медицины применяется много различных датчиков – первичных преобразователей механических колебаний в электрический сигнал. Это и баллистокардиографические датчики, и пьезоакселерометры различных конструкций, выпускаемые как отечественными, так и зарубежными фирмами. Все эти устройства имеют значительную разницу в технических характеристиках, поэтому бывает трудно сравнивать результаты, полученные различными исследователями–медиками и врачами-практиками.

Всё это затрудняет проведение быстрого и объективного обследования людей, что необходимо для задач клинической медицины (диспансеризация населения, контроль лечения и реабилитации пациентов), а также для спортивной и космической медицины.

Известно, что тело человека, как с биологической, так и с инженерно-физической точек зрения – очень сложное устройство, имеющее много степеней свободы, в нём постоянно идут различные процессы, ни один из которых невозможно исключить. Кроме того, у каждого человека эта система индивидуальна. Все эти факторы усложняют количественную оценку состояния объекта с малой погрешностью измерения, в отличие от объектов технической диагностики.

Известно также, что двигательная деятельность человека сопровождается механическими колебаниями – вибрациями, наблюдаемыми в диапазоне частот от единиц до тысяч герц. Эти колебания имеют различные физические механизмы и могут быть связаны с особенностями работы системы управления движением, нервно-мышечной и костно-хрящевой систем, взаимодействием тела с опорной поверхностью при стоянии и ходьбе и другими факторами. На анализе этих вибраций, а не на исследовании параметров самого движения, и основаны описанные ниже принципы подхода к изучению двигательной активности человека. В сочетании со специальными клиническими приёмами они послужили основой для создания ряда новых, метрологически проработанных, простых и доступных широкому кругу пользователей методов обследования пациентов, защищённых патентами и обеспеченных методическими рекомендациями и аппаратурой для их реализации. Здесь весьма полезным оказался опыт исследований, проведённых авторами применительно к регистрации механических колебаний тела человека, вызванных деятельностью сердечно-сосудистой системы. Этот опыт, а также результаты ряда исследований в области технической диагностики и медицины позволили обосновать методику регистрации общих и локальных колебаний тела человека, вызванных деятельностью опорно-двигательной системы, учитывающую требования к датчику и его размещению, а также устранение возможных помех при регистрации. Разработанные методы получили название «Акселерометрические методы вибрационной диагностики функционального состояния опорно-двигательной системы» [1 – 10].

Основные положения акселерометрических методов вибрационной диагностики функционального состояния опорно-двигательной системы заключаются в следующем.

1. Наиболее важным является предложение исследовать параметры не самих двигательных актов, а сопровождающих их вибраций, т.е. сравнительно низкоамплитудных и высокочастотных колебательных компонентов движения. Такие колебания могут наблюдаться, например, при отталкивании от опорной поверхности во время ходьбы, при скольжении друг по другу повреждённых суставных поверхностей верхних и нижних конечностей. Как вибрацию можно рассматривать и мышечный тремор, и ряд других явлений. Не исключено, что электрострикционные явления в мембранах нервных и мышечных волокон также могут приводить к весьма высокочастотным (до нескольких сотен герц) механическим колебаниям тканей.

Такой подход, с одной стороны, сразу позволяет привлечь к изучению опорно-двигательной системы мощный инженерно-физический арсенал теоретических и экспериментальных методов исследования механических колебательных процессов. С другой стороны, процессы, которые предстоит изучать, не находятся под прямым контролем сознания пациента, что даёт предпосылки для создания объективных методов исследования. Одновременно это выдвигает новые задачи, связанные с физиологической интерпретацией данных.

2. Второе предложение заключается в том, чтобы исследовать асимметрию вибраций, вызываемых движениями левых и правых конечностей. С одной стороны, оценка асимметрии не требует высокой точности учёта влияния передаточных сред (тканей и структур тела) на формирование регистрируемых сигналов. Известно, что это влияние приводит к существенным трудностям в метрологическом обеспечении исследования абсолютных величин параметров механической активности физиологических систем. Проведение относительных измерений может быть более простым и надёжным. С другой стороны, поскольку одинаковое и одновременное поражение обеих конечностей (органическое или функциональное) маловероятно, то нарушения симметрии сами по себе можно рассматривать как диагностические признаки.

3. Третье предложение состоит в том, чтобы исследовать спектральные характеристики вибрационных сигналов, регистрируемых в ходе локомоторных актов. Это целесообразно проводить потому, что отдельные функциональные звенья опорно-двигательной системы имеют различное по величине время быстрого действия и релаксации. Так, наибольшие частоты в спектре импульсных последовательностей в нервных волокнах составляют сотни или единицы тысяч герц, что соответствует периодам 0,001–0,01 с. Характерная длительность развития напряжения в мышечном волокне составляет 0,01–0,3 с, что соответствует частотам десятков – единиц сотен герц. Характерный период действия мотонейронного пула равен приблизительно 0,1 с, что и определяет, по-видимому, частоту мышечного тремора ~ 10 Гц и т.д.

Кроме того, принципиально важно, что интенсивности вибраций, обусловленные различными механизмами, могут отличаться на несколько порядков. Так, ускорения при переднем толчке нижних конечностей могут составлять  $300 \text{ м/с}^2$  и более, при треморе верхней конечности –  $0,2\text{--}0,6 \text{ м/с}^2$ , а при скольжении суставных поверхностей –  $0,01\text{--}0,1 \text{ м/с}^2$ . Одновременная регистрация одним и тем же устройством колебаний столь разного уровня практически невозможна. Частотная селекция позволяет в значительной степени обойти эту трудность.

При проведении исследований изучались вибрационные ускорения элементов опорно-двигательной системы человека, которые регистрировались при выполнении как естественных, так и специальных, тестовых движений, а также при нахождении тела в стандартных положениях (позах): сидя, стоя, лёжа и др. Исследовались также

микроколебания (тремор) головы, пальцев рук и ног и колебания туловища в положении стоя. В качестве первичных преобразователей микроколебаний тела в электрический сигнал применялись пьезоакселерометры ПАМТ (пьезоакселерометры для медицинской и технической диагностики) и устройства на их основе.

В сочетании со специальными клиническими приёмами изложенные принципы послужили фундаментом для создания ряда новых методов обследования пациентов. Интересно, например, что на основе анализа тремора (микродвижений) предплечья удалось предложить методику количественной оценки ощущений тяжести мышечным анализатором, результаты применения которой очень хорошо совпали с результатами независимых классических психофизических исследований. В разработке методики принимали участие В.А. Антонец, Н.М. Анишкина, А.Л. Грибков, Е.М. Тиманин (все Институт прикладной физики) и Т.Б. Сингосина (Нижегородский педагогический университет).

По результатам исследований было подано несколько заявок на предполагаемые изобретения, большинство из которых получили положительное решение и впоследствии были защищены патентами. Были сделаны доклады на различных конференциях и семинарах, изданы соответствующие методические рекомендации, получены премии и дипломы ВНМТО (Всесоюзное научное медико-техническое общество) и НТОРЭС (Научно-техническое общество радиоэлектроники и связи) им. А.С. Попова.

Результативное сотрудничество позволило выдвинуть предложение о создании совместной внеструктурной лаборатории Института прикладной физики и Горьковского института травматологии и ортопедии – лаборатории вибрационной диагностики органов движения (лаборатории биомеханики). Оно было поддержано заведующей отделом «Радиофизические методы в медицине» Института прикладной физики профессором М.Т. Греховой, директором Института прикладной физики академиком А.В. Гапоновым-Греховым и директором Горьковского института травматологии и ортопедии профессором В.В. Азоловым. В конце 1986 года на территории Горьковского института травматологии и ортопедии было выделено помещение площадью 66 кв. м. С помощью Института прикладной физики проведены ремонт выделенного помещения, электропроводка и оснащение лаборатории необходимой для исследований электро- и радиоизмерительной техникой. Для обследования больных в лаборатории использовались (в числе других, традиционных, методов) вышеупомянутые акселерометрические методы вибрационной диагностики органов движения. На организованных комплексах, начиная с I квартала 1987 года, проводились регулярные обследования больных стационара Горьковского института травматологии и ортопедии, ЛОР-отделения областной больницы им. Н.А. Семашко, амбулаторных больных, а также консультативные обследования.

В 1987–1989 годах совместные исследования стали проводиться на хоздоговорной основе с Институтом прикладной физики.

В июне 1987 года директорами Института прикладной физики и Горьковского института травматологии и ортопедии было утверждено Положение о внеструктурной лаборатории.... Научными руководителями лаборатории на первом этапе её развития были: от Нижегородского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии (Горьковский институт травматологии и ортопедии) – директор института профессор В.В. Азолов, от Института прикладной физики – В.А. Антонец, инженерно-техническим руководителем – Н.М. Анишкина, и.о. заведующего лабораторией – д.м.н. А.П. Ефимов, а позже к.б.н. Г.В. Смирнов.

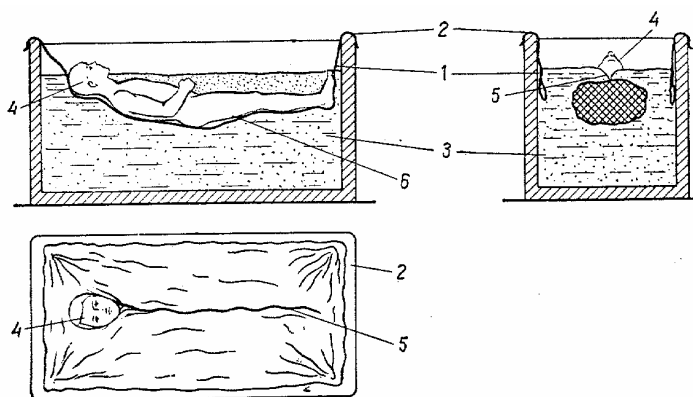


Рис. 3. Схема проведения исследований в условиях, имитирующих невесомость («сухое» погружение): 1 – водонепроницаемая высокоэластичная ткань; 2 – вмонтированный в стенку ванны металлический ободок для закрепления ткани; 3 – вода в ванне; 4 – человек, погружённый в ванну до уровня шеи на водонепроницаемую ткань, покрытую простынёй; 5 – складка замыкания ткани над поверхностью тела человека по средней линии; 6 – гидроизолирующая ткань, облегаяющая тело со всех сторон (по Е.Б. Шульженко, 1975)

Сотрудниками этой лаборатории были разработаны и освоены новые методы обследования пациентов, защищённые патентами [11–14]. Результаты совместных работ включались в годовые отчёты РАН.

Одно из направлений совместных работ – использование названных методов в космической медицине. На клинической базе Института медико-биологических проблем Министерства здравоохранения России (тогда – СССР) проведён цикл исследований в условиях, имитирующих невесомость. Использовалось так называемое «сухое» погружение испытуемых в бассейн – водная иммерсия. Методика проведения исследований такова (рис. 3 [15]). Обследуемых завертывают в простыню и помещают на тонкий слой специальной гидроизоляционной высокоэластичной ткани, которая полностью изолирует их тело от контакта с водой и которая, вследствие своей высокой эластичности, погружается в воду, окружая тело человека в бассейне со всех сторон, смыкаясь сверху. При этом на тело человека можно легко надевать различные датчики и электроды без риска, что в этот момент на них попадёт вода. Тело располагается в воде так, чтобы было удобно производить те или иные манипуляции и чтобы, в случае необходимости, человек мог касаться стенок бассейна. Температура воды в бассейне –  $(34-35) + 0,5^{\circ}\text{C}$ , температура окружающего воздуха –  $24-26^{\circ}\text{C}$ .

Гигиенический режим исследований предусматривал ежедневное извлечение испытуемых из бассейна на 20–30 мин на носилках, с сохранением горизонтального положения тела. Проводились общий туалет кожных покровов, смена белья и санитарно-гигиенические мероприятия. Распорядок дня включал 8-часовой сон, трёхразовое питание, программу обследования физиологических функций организма и забор крови для биохимических исследований, медицинский контроль и часы досуга. В часы досуга испытуемые могли читать (книги, свежие газеты – по желанию), смотреть телевизионные передачи, разговаривать по телефону (телевизор и телефон находились на бортике бассейна), вести дневники наблюдений.

Необходимо отметить, что при погружении человека в иммерсионные среды создаются оптимальные условия для максимального достижения гипокинезии и гиподинамии не только за счёт резкого ограничения объёма обычных движений (что можно достигнуть и в условиях постельного режима), но и за счёт максимального ослабления напряжения мышц и их тонуса, который всё же в определённой степени сохраняется даже во время длительного пребывания в постели.

Применённые методики обследования опорно-двигательной системы показали свою информативность в исследовании влияния на организм человека иммерсионной гиподинамии. Они позволили установить как общие закономерности изменения функционального состояния опорно-двигательной системы человека в иммерсии, так и индивидуальные колебания в пределах общих изменений, получить качественно новую, интересную для медиков информацию о функциональном состоянии двигательной системы в условиях, моделирующих невесомость. В исследованиях принимали участие Н.М. Анишкина (Институт прикладной физики), А.П. Ефимов (Горьковский институт травматологии и ортопедии) и И.Ф. Асланова (Институт медико-биологических проблем).

Следующим этапом совместных с Институтом медико-биологических проблем исследований было использование описанных выше методик для оценки функционального состояния опорно-двигательной системы космонавтов в условиях предполётной подготовки, в процессе космического полёта и в период послеполётной реабилитации. Одна из вышеописанных методик – методика контроля микродвижений конечностей космонавтов – была опробована во время советско-болгарской и советско-афганской экспедиций посещения. В работе участвовали: от Института прикладной физики – Н.М. Анишкина, В.А. Антоненц, от Горьковского института травматологии и ортопедии – А.П. Ефимов.

Сотрудниками лаборатории разработаны и другие новые методы обследований пациентов [16–17]. В частности, на основании принципа симметрии, принципа оптимальных границ и цельности конструкций разработаны и изготовлены динамометрические устройства для биомеханических исследований. Первичные преобразователи – тензометрические динамометры различных конструкций – коммутированы с компьютером. Разработаны следующие устройства.

1. Динамометрические устройства для изучения функционального состояния верхней конечности, которые включают тензометрические динамометры: пальцевой, регулируемый для изучения щипковых схватов; кистевой; ротационный; цилиндрический регулируемый (а.с. 2102923, 2108748, 2118508, 2185098).

2. Динамометрические устройства для изучения функционального состояния системы поддержания вертикальной позы, которые включают: динамометрическую платформу; тяговый динамометр (а.с. 2020869, 2063168).

3. Динамометрические устройства для регистрации опорных реакций костыля (клюшки) при ходьбе с дополнительной опорой включают трубку со встроенным тензометрическим динамометром на одном конце и систему крепления к костылю на другом конце (патент 2132669).

Разработаны способы и устройства для оценки устойчивости вертикальной позы (а.с. 1752348, 2016546; патенты 2016547, 2071722).

Разработаны способы и устройства для оценки и коррекции ходьбы человека (патенты 2138988, 2157167, 2152766, 2229263).

Проведены работы по исследованию процесса формирования рубцовой ткани у больных с ожоговой травмой. Предложен способ объективной оценки биомеханических характеристик рубцов (патент 2202948).

Разработаны методики дозирования двигательной нагрузки и устройства оценки мышечного тонуса (патенты 2228138, 2170541).

На основании использования раш-анализа (*O.H. Rasch*, 1967) сотрудниками лаборатории разработана нормализованная шкала оценки функционального состояния опорно-двигательного аппарата при патологии тазобедренного сустава (Г.В. Смирнов и др., 2004).

Сейчас лаборатория биомеханики входит в состав отделения функциональной диагностики Нижегородского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии. Лаборатория оснащена современным оборудованием, включающим *Elite 3D Motion Analysis*, *F-scan Pressurent*, *MBN*-Биомеханика, компьютерный оптический топограф, *MBN* вибротестер, аппаратно-программный комплекс «МБН-трёхмерный сканер», компьютерный фотоплантограф, ПАК для биометрии кисти. В течение года в лаборатории проводится 4500–5500 человекообследований.

Обследования пациентов с локомоторными нарушениями включают комплексное изучение вертикальной позы и походки, миографию мышц нижних конечностей.

У больных с патологией верхних конечностей изучается структура двигательных нарушений (динамометрия, пространственно-временная структура движений руки, координатометрия).

Биомеханические методики также применяются для объективизации изменения состояния больных в процессе двигательной терапии и дозирования кинезитерапевтических нагрузок.

Разработаны биомеханические способы и устройства для оценки функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека, которые защищены более чем 50 патентами, рационализаторскими предложениями, имеется более 250 различных научных публикаций.

Сотрудники лаборатории начиная с 1992 года принимают участие в организации и проведении Всероссийских конференций по биомеханике. За время работы лаборатории защищены 4 диссертации по специальности «Биомеханика»

1989 г. – д.м.н. А.П. Ефимов «Биомеханические аспекты реабилитации больных с переломом верхней конечности» (г. Рига, Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии);

1994 г. – к.б.н. Г.В. Смирнов «Комплексная оценка устойчивости вертикальной позы человека в норме и при патологии тазобедренного сустава» (г. Москва, Центральный научно-исследовательский институт протезирования и протезостроения);

1995 г. – к.б.н. Н.Г. Серебрякова «Динамика спектральной структуры микродвижений при кинезитерапии начальных стадий искривления позвоночника» (г. Москва, Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова);

2002 г. – к.м.н. Н.Н. Рукина «Биомеханические аспекты функционального состояния позвоночника у больных с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями тазобедренного сустава» (г. Москва, Институт машиноведения РАН).

Использование стандарта *ISB-1995* позволяет сравнивать данные, полученные в Нижегородском научно-исследовательском институте травматологии и ортопедии, с данными исследований из других учреждений.

Развитие методов регистрации различных биомеханических параметров, характеризующих жизнедеятельность человека, позволяет эффективно использовать биомеханические обследования для решения научных и практических задач в учреждениях различного уровня.

### **История Всероссийских конференций по биомеханике**

В 1984 году Государственный комитет по науке и технике СССР принял Постановление (№ 423 от 19.07.84), согласно которому была утверждена научная специальность «Биомеханика» с возможностью защиты диссертаций по физико-



математическим, техническим, медицинским, педагогическим и биологическим наукам. В Риге проводились регулярные конференции по биомеханике, издавался сборник «Современные проблемы биомеханики» (всего вышло 6 выпусков). Последняя (международная) конференция прошла в Риге в 1986 году. Регулярные конференции по биомеханике возобновились лишь в 1992 году.

I Всероссийская конференция была проведена в Нижнем Новгороде 9–12 ноября 1992 года по инициативе Нижегородского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии. Председатель Оргкомитета – профессор Г.А. Любимов (Институт механики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова), сопредседатель – А.П. Ефимов (Нижегородский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии).

В том же 1992 был подготовлен к изданию седьмой выпуск сборника «Современные проблемы биомеханики». Из-за отсутствия финансирования он вышел в свет лишь в 1994 году. Оплата печати произведена за счёт благотворительного взноса предпринимателя И. А. Мазина. Начиная с 8-го выпуска, издание поддерживается Российским фондом фундаментальных исследований.

II Всероссийская конференция проводилась в Нижнем Новгороде 22–25 ноября 1994 года. Она была посвящена памяти основоположника советской биомеханики, члена-корреспондента Академии медицинских наук СССР, профессора Н.А. Бернштейна. Секции конференции работали в аудиториях Научно-исследовательского радиофизического института и Института прикладной физики РАН.

III Всероссийская конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения Н. А. Бернштейна, прошла в Нижнем Новгороде 1–4 октября 1996 года при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (руководитель – профессор Г.А. Любимов).

Начиная с III Всероссийской конференции, все последующие конференции получали финансовую поддержку Российского фонда фундаментальных исследований. Все восемь проведённых в Нижнем Новгороде Всероссийских конференций по биомеханике являлись плановым мероприятием Российской академии наук. Председателем локального Оргкомитета в Нижнем Новгороде I–II конференций был А.П. Ефимов, III–VIII – В.А. Антонец, учёным секретарём Оргкомитета – Н.М. Анишкина.

IV Всероссийская конференция проходила в Нижнем Новгороде 1–5 июня 1998 года.

Поскольку регулярные школы по биомеханике не проводятся, а в конференциях постоянно принимают участие молодые учёные, студенты и аспиранты, то, начиная с IV конференции, в программу работы включаются обзорные лекции ведущих учёных.

V Всероссийская конференция проходила в Нижнем Новгороде 29 мая – 2 июня 2000 года.

VI Всероссийская конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения профессора М.Т. Греховой, прошла в Нижнем Новгороде 20–24 мая 2002 года. Впервые на конференции была представлена секция «Преподавание биомеханики».

VII Всероссийская конференция прошла 24–28 мая 2004 года в Нижнем Новгороде, в конференц-зале Института прикладной физики РАН.

Проблематика докладов, включённых в программу седьмой конференции, может быть охарактеризована следующим перечнем направлений: биомеханика клетки, биомеханика внутренних органов и систем, биореология, биомеханика роста и развития (морфогенез), прочность тканей и органов, биомеханика травмы и оперативных вмешательств, реабилитационная биомеханика, протезы, локомоции, механика коллективного движения, синтез спортивных и трудовых движений, антропоморфные и

зооморфные системы, программно-аппаратные комплексы. Актуальными можно считать большую часть из представленных на конференции направлений.

VIII Всероссийская конференция проведена 22–26 мая 2006 года в Нижнем Новгороде, в конференц-зале Института прикладной физики РАН. Конференция организована Научным Советом по биомеханике РАН, Институтом прикладной физики РАН, федеральным государственным учреждением «Нижегородский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Росмедтехнологий», Нижегородским государственным педагогическим университетом Министерства образования РФ, Институтом механики Московского государственного университета и ЗАО «Нижегородское агентство наукоёмких технологий». VIII Всероссийская конференция, как и семь предыдущих, являлась плановым мероприятием Российской академии наук и проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант РФФИ № 06–01–10034–г, руководитель – профессор Г.А. Любимов, Институт механики Московского государственного университета). В состав локального Оргкомитета в Нижнем Новгороде вошли: В.А. Антонец, Н.М. Анишкина, С.В. Дмитриев и Г.В. Смирнов.

Тематика конференции традиционно включала в себя пять разделов: общая биомеханика, инженерная биомеханика, медицинская биомеханика, биомеханика спорта, преподавание биомеханики. Этот перечень, как и на предыдущих Всероссийских конференциях по биомеханике, содержал практически все разделы, обычно рассматривающиеся на подобных конференциях европейского и мирового уровней. Текущая квалификация участников конференции весьма высока: среди авторов докладов 119 кандидатов и докторов наук. Имеется и кадровый ресурс: среди авторов 42 студента и аспиранта. Тревогу за успех развития актуальных направлений вызывают недостаточная привлекательность условий работы для молодежи, трудности получения междисциплинарной квалификации, необходимой для работы в такой научной области, как биомеханика.

Из представленных на конференции 155 работ поддержаны грантами РФФИ 27, другими грантами – 15 работ.

20–24 мая 2008 года планируется проведение IX Всероссийской конференции по биомеханике в Нижнем Новгороде (председатель Оргкомитета – профессор Г.А. Любимов, Институт механики Московского государственного университета; сопредседатель, председатель локального оргкомитета в Нижнем Новгороде – профессор В.А. Антонец, учёный секретарь оргкомитета – Н.М. Анишкина).

### Список литературы

1. *Анишкина, Н.М.* Акселерометрическая вибрационная диагностика функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека / Н.М. Анишкина, В.А. Антонец, А.П. Ефимов // Вибрационная техника: матер. семинара. – МДНТП, М., 1986. – С. 79–83.
2. *Анишкина, Н.М.* Исследование опорно-двигательного аппарата человека по вибрациям, сопровождающим локомоционные акты / Н.М. Анишкина, В.А. Антонец, А.П. Ефимов // Медицинская биомеханика: в 4 т. – Рига, 1986. Т. 3. – С. 20–25.
3. *Анишкина, Н.М.* К истории становления медико-биологических исследований в радиофизическом институте / Н.М. Анишкина, В.А. Зверев // VI Всерос. конф. по биомеханике Биомеханика–2002: сб. тез. докл. – Н. Новгород, 2002.
4. *Анишкина, Н.М.* Об использовании вибрационных измерений в оценке состояния физиологических систем человека / Н.М. Анишкина, В.А. Антонец, Р.М. Баевский, Ю.В. Белецкий, А.П. Ефимов, И.Б. Козловская, И.И. Фунтова // Современное состояние и перспективы развития виброметрии: тез. докл. Всесоюзной научн-техн. конф. – Запорожье, 1985. – С. 233–234.

5. *Анишкина, Н.М.* Оценка функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека по вибрациям, сопровождающим локомоционные акты / Н.М. Анишкина, В.А. Антонец, А.П. Ефимов // Современные проблемы биомеханики. Сб. № 7. Биомеханика мышц и структура движений.– Н. Новгород, 1993. – С. 23–34.
6. *Анишкина, Н.М.* Устройства для вибрационной диагностики функционального состояния физиологических (опорно-двигательной и сердечно-сосудистой) систем человека: Препринт № 335 / Н.М. Анишкина, В.А. Антонец, П.С. Докторов, В.В. Казаков; Ин-т прикл физ. РАН. – Н. Новгород, 1993. – 21 с.
7. *Антонец, В.А.* Пьезоакселерометры ПАМТ / В.А. Антонец, Н.М. Анишкина // Виброакустические поля сложных объектов и их диагностика. Сб. науч. тр. Ин-та прикл. физ. АН СССР. – Горький, 1989. – С. 191–203.
8. *Ефимов, А.П.* Применение биомеханического принципа управления периодом реабилитации при травмах и заболеваниях верхней конечности / А.П. Ефимов, Н.М. Анишкина, Т.Б. Буданова, Е.А. Пономарёва, А.А. Шмонин // Медицинская биомеханика: в 4 т. – Рига, 1986. – Т. 2. – С. 238–243.
9. *Ефимов, А.П.* Акселерометрическая стабиллография / А.П. Ефимов, В.А. Антонец, Н.М. Анишкина, Г.В. Смирнов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1991. – № 1. – С. 55–56.
10. *Смирнов, Г.В.* Стабилограф / Г.В. Смирнов, В.Д. Вешуткин, В.И. Данилов, А.П. Ефимов // Мед. техника. – 1993. – № 1. – С. 40–41.
11. *Ефимов, А.П., Анишкина, Н.М., Антонец, В.А., Ахмедов, Ш.М., Докторов, П.С.* Способ диагностики заболеваний костно-суставного аппарата нижних конечностей человека: пат. № 1251855, МКИ А1 А61 В 5/00, опубл. 10.11.95 г. Бюл. № 31.
12. *Ефимов, А.П., Ахмедов, Ш.М., Анишкина, Н.М., Антонец, В.А., Буданова, Т.Б., Докторов, П.С., Краснощёков, И.П.* Способ определения состояния суставных поверхностей: пат. № 1273088, МКИ А1 А61 В5/00, опубл. 10.11.95 г. Бюл. № 31.
13. *Ефимов, А.П., Буданова Т.Б., Анишкина, Н.М., Антонец, В.А., Докторов, П.С., Краснощёков, И.П.* Способ выявления болевой реакции при поражениях конечности: пат. № 1344317, МКИ А1 А61 В5/00, опубл. 10.12.95 г. Бюл. № 34.
14. *Ефимов, А.П., Смирнов, Г.В., Антонец, В.А., Анишкина, Н.М.* Способ определения устойчивости вертикальной позы человека: Патент № 2016546, МКИ А61 В5/11, опубл. 30.07.94 г. Бюл. № 14.
15. *Коваленко, Е.А.* Гипокинезия / Е.А. Коваленко, Н.Н. Гуровский. – М.: Медицина, 1980. – 320 с.
16. *Буйлова, Т.В.* Объективизация состояния больных с патологией тазобедренного сустава в процессе кинезитерапевтической нагрузки / Т.В. Буйлова, А.Г. Полякова, Г.В. Смирнов, Г.И. Дорофеева, Н.Н. Рукина, Л.П. Максимова // Вест. Ин-та травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 1999. – № 2. – С. 37–43.
17. *Полякова, А.Г.* Прогнозирование характера течения сколиотической деформации позвоночника: Новая медицинская технология № ФС–2006/ 378-у: Метод. рек. / А.Г. Полякова, Г.В. Смирнов, О.В. Карева, С.Н. Балдова, Л.П. Максимова; Нижегородский НИИТО. – Н. Новгород, 2006. – 18 с.

## ON THE OCCASION OF 20 YEARS OF BIOMECHANICS LABORATORY FOUNDED UNDER NIZHNI NOVGOROD RESEARCH INSTITUTE OF TRAUMATOLOGY AND ORTHOPAEDICS

**N.M. Anishkina, V.A. Antonets, A.P. Efimov, G.V. Smirnov, N.N. Rukina  
(Nizhni Novgorod, Russia)**

The history of the laboratory of biomechanics under Nizhni Novgorod Research Institute of Traumatology and Orthopaedics and Institute of Applied Physics foundation and development is described. The review of developed methods applied in clinical and space medicine to investigate human locomotor system is presented.

**Key words:** biomechanics, locomotor system, accelerometer methods of locomotor system investigation, human locomotor activity, locomotion, vibrational diagnostics of motion organs, dynamometry, kinesitherapy, stabilography, space medicine, clinical medicine.

Н.М. Анишкина, В.А. Антонец, А.П. Ефимов, Г.В. Смирнов, Н.Н. Рукина. Лаборатории биомеханики Нижегородского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии – 20 лет.

---

*Получено 15 ноября 2007*