ГаврюшенкоНиколайСвиридовичМатериаловедческиеаспектысозданияэрозионностойкихузловтренияискусственныхсуставовчеловекадиссертациядокторатехническихнаукМосквасилРГБОД

«МАТИ» - РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО

На правах рукописи УДК 621.891:615.46

05.20 0.1 001 53 -

**ГАВРЮШЕНКО Николай Свиридович**

**МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ЭРОЗИОННОСТОЙКИХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СУСТАВОВ ЧЕЛОВЕКА**

Специальность 05.02.01 - Материаловедение (Машиностроение)

ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант - чл. корр. РАН, заслуженный деятель науки РФ,

проф., д.т.н. Ильин А.А.

**Президиум ВАК России**

(решение от" \*' *MJM,,* №

присудил ученую степень ДОКТОРА

——*MdQL—* наук4

Начальникуправления ВАК России

Москва 2000 г.

-**2**-

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

[Введение 6](#bookmark5)

[Глава I. Состояние вопроса 12](#bookmark8)

1. Исторические вехи эндопротезирования суставов 12
2. Анализ свойств металлических и других конструкционных

материалов и эффективности работы их комбинаций в узлах трения эндопротезов суставов 28

1. Анализ результатов применения полимерных материалов в узлах

трения эндопротезов суставов 44

1. Факторы, влияющие на выбор материалов имплантации 58
2. Влияние биологических сред организма на имплантаты 58
3. Влияние имплантируемых материалов на организм 61

Глава II. Исследование механических характеристик костных, хрящевых и

связочных структур тазобедренного и коленного суставов человека .... 64

* 1. Определение прочности кортикальной кости бедра в направлении,

перпендикулярном оси бедра 72

* 1. Определение прочности кортикальной кости бедра в направлении,

параллельном ее оси 73

* 1. Механические свойства спонгиозной костной ткани дистальной части

бедренной кости и проксимальной части большеберцовой кости 75

* 1. Прочность субхондральной кости 78
  2. Определение механических и деформационных свойств хряща в

коленном суставе 80

* 1. Исследование прочности трубчатой части бедренной кости на

раскалывание 83

1. Определение несущей способности мыщелков, образующих коленный

сустав 84

1. Прочность шейки бедра 86
2. Изучение прочности капсулы тазобедренного сустава человека 87
3. Определение прочности связки головки бедра человека 90
4. Размерные параметры и механические свойства проксимального

отдела бедра человека 92

1. Толщина и твердость хряща на головке бедра человека 95
2. Определение механических свойств собственной связки надколенника 96
3. Изучение механических характеристик передней крестообразной

связки человека 98

[Глава III. Трибологические исследования суставов 102](#bookmark13)

1. Исследование трения в тазобедренном суставе человека 102
2. Материалы и методы 102
3. Результаты испытания узла трения тазобедренных суставов человека 105
4. Источник смазки и пути его транспортировки в межмыщелковое

пространство суставов человека 106

1. Определение износостойкости хряща и коэффициента трения в

суставе при возвратно-поступательном скольжении 115

1. Материалы, методы и оборудование 116
2. Оборудование 117
3. Методика испытания 117
4. Результаты испытаний 118
5. Выводы 119
6. Исследование смазочной способности косного мозга на модели

сустава с разрушенными суставными хрящами 119

1. Материалы 119
2. Режим испытания 121
3. Результаты испытания 122
4. Обсуждение результатов 122
5. Вывод 122

ГлаваІУ. Выбор и исследование материалов для узла трения эндопротезов

суставов 124

1. Оборудование 128
2. Образцы материалов и методика определения коэффициента трения

материалов при возвратно-поступательном движении 129

1. Образцы материалов и подготовка к испытанию 129
2. Методика определения коэффициента износа материала при возвратно-поступательном движении 129
3. Режимы испытания материалов 131
4. Материалы 132
5. Результаты испытания 133
6. Обсуждение результатов 139
7. Разработка способа изменения поверхностных свойств трущихся

элементов эндопротезов суставов из титановых сплавов с целью улучшения их эксплуатационных характеристик 148

1. Метод ионной имплантации 148
2. Имплантация серий экспериментальных образцов 151
3. Исследование смачиваемости образцов титанового сплава ВТ6 с

модифицированной поверхностью 159

1. Экспериментальные результаты 160
2. Обсуждение экспериментальных результатов 168
3. Влияние способа полировки и шероховатости поверхности образцов на смачивание 171
4. Влияние модификации поверхности на износостойкость титанового

сплава ВТ6 173

1. Экспериментальные результаты 173
2. Обсуждение результатов 175
3. Исследование микротвердости модифицированных образцов из сплава

ВТ6 176

1. Исследование смачиваемости хряща 180
2. Анализ клинического использования различных материалов в узлах

трения эндопротезов 181

1. Термоводородная обработка головок эндопротезов тазобедренного

сустава из титанового сплава как способ повышения их эрозионной стойкости 190

1. Методика оценки узлов трения эндопротезов тазобедренного сустава

и полученные результаты 195

[Глава V. Практическое внедрение результатов работы 203](#bookmark17)

[VI. Выводы по работе 231](#bookmark18)

Список литературы 235

[VI. Приложение 255](#bookmark20)

1. Расчетные значения крутящих моментов в искусственных и

естественных узлах трения тазобедренного сустава человека 255

1. Акты внедрения и использования результатов работы 277

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность проблемы.** По данным Всемирной организации здравоохранения дегенеративными заболеваниями суставов страдает *5%* населения земного шара. Среди хирургических методов лечения патологий суставов и последствий травм эндопротезированию принадлежит ведущая роль. Ежесуточно в мире осуществляется около 1500 операций замещения суставов эндопротезами.

С расширением этого вида хирургических вмешательств наблюдается рост абсолютного числа повторных операций по причине нарушения стабильности или разрушения эндопротезов. Клинический и технический анализ причин нестабильности позволяет создавать новые эндопротезы суставов и разрабатывать новые способы их фиксации.

Наиболее признанной концепцией эндопротезирования тазобедренного сустава в конце XX века стала теория низкофрикционной артропластики проф. Дж. Чанли. Материальную основу этой теории составляет сочетание металлического бедренного компонента с металлической головкой, полимерного ацетабулярного компонента и акрил-цемента. В результате операции по Чанли достигается прочное закрепление в костной ткани эндопротеза, в котором за счет малого диаметра головки и низкого коэффициента трения в узле подвижности обеспечивается крутящий момент, сопоставимый по величине с крутящим моментом в здоровом суставе.

Длительная жизнеспособность эндопротеза обеспечивается высокой износостойкостью материалов при трении и прочностью при механическом (циклическом) нагружении. Практические результаты свидетельствуют о том, что эндопротезы Чанли способны работать в организме человека 25 лет и более. У активных пациентов эндопротезы выходят из строя в более ранние сроки за счет износа трущихся поверхностей. Разрушение эндопротезов, как правило, сопровождается асептическим воспалением, требует повторного хирургического вмешательства и замены эндопротеза.

Ограничение показаний к применению эндопротезов обусловливает необходимость ревизии технических решений и поиска путей улучшения качества эндопротезов за счет применения новых материалов и технологий.

Отечественное эндопротезостроение начало развиваться, благодаря идеям и разработкам профессора К.М. Сиваша, создавшего цельнометаллический эндопротез тазобедренного сустава, многие технические решения которого нашли воплощение и в более поздних конструкциях. Приоритетность проблемы эндопротезирования была утверждена рядом постановлений Правительства СССР еще в 80-е годы и открытием общесоюзной научно-технической программы по разработке и внедрению в практику искусственных органов. В рамках этой программы была создана новая отечественная концепция эндопротезостроения суставов, разработаны оригинальные конструкции эндопротезов тазобедренного сустава И.А.Мовшовича-Н.С.Гаврюшенко, создано предприятие по их производству в системе Минатома. Однако по целому ряду объективных экономических и субъективных причин отечественные разработки эндопротезов и их производство к концу 20 века не получили должного развития. В то же время конструирование и производство эндопротезов суставов интенсивно развивалось в странах Европы и США, и мировой потребительский рынок к настоящему времени насыщен продукцией крупных западных фирм: Zimmer, Biomet, De Puy (США), Zulzer (Швейцария), Waldemar Link (Германия) и др., которые реализуют до 500 тыс. изделий в год на 3,5 млрд. долларов США.

Более чем 20-летний опыт исследований автора в области испытаний и разработки эндопротезов крупных суставов человека, анализ их технических параметров и ресурсных возможностей, а также опыт клинических наблюдений показывают, что технические, технологические и материаловедческие решения, реализованные в большинстве применяемых конструкций, далеки от совершенства. В частности, практически не решена проблема создания низкофрикционного искусственного сустава из материалов с наилучшей биосовместимостью (например, титана и его сплавов), отсутствует научно­обоснованная материаловедческая база (и ее технологическое обеспечение) создания металлических компонентов эндопротезов, способных к длительному функционированию совместно с костными и другими структурами организма, недостаточно полно установлена

роль и пути обеспечения естественной смазки биологическими жидкостями организма искусственных суставов и т.д. С одной стороны это обусловлено исключительной сложностью биомеханической системы «эндопротез - живой организм» и весьма ограниченными возможностями получения экспериментальных данных о ее функционировании, что приводит к несовершенству, а во многих случаях и к отсутствию надежных методик оценки работоспособности эндопротезов. С другой стороны остается недостаточно или вовсе неизученным механическое поведение и физиология многих суставообразующих тканей организма в условиях воздействия как нормальных, так и экстремальных внешних нагрузок, в том числе при взаимодействии с материалами и элементами конструкции имплантатов. Кроме того, стоимость эндопротезов импортного производства, ориентированная на зарубежный рынок, не позволяет даже в малой степени удовлетворить потребности отечественного здравоохранения, составляющие, например в области эндопротезирования тазобедренного сустава, до 180 тыс. в год. Поэтому актуальность создания надежных, экономически доступных для широких слоев пациентов, эндопротезов, в частности тазобедренного сустава, на базе комплексного решения материаловедческих, технологических, конструкторских и медицинских проблем является актуальной технической и социально-экономической задачей.

**Целью работы** является разработка концепции создания эрозионностойких узлов трения эндопротезов тазобедренного сустава человека на базе комплексных исследований структуры, механических и триботехнических свойств имплантируемых неорганических и органических материалов, костных и других околосуставных биологических тканей, смазочной способности, состава и путей доставки жидкостей организма, а также создания надежных технических экспресс-методов оценки работоспособности искусственных суставов.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ материаловедческих и конструктивных аспектов нестабильности и разрушения узлов трения эндопротезов крупных суставов человека и определить пути повышения эрозионной стойкости материалов, применяемых для изготовления искусственных суставов.
2. Исследовать физико-механические и другие функциональные свойства биологических тканей здоровых и пораженных естественных суставов; структуру, механические, триботехнические и эрозионные характеристики неорганических и органических материалов имплантатов, а также их механическое поведение при различных схемах и уровнях напряженного состояния.
3. Определить возможности повышения эрозионной устойчивости пар трения искусственных суставов технологическими методами воздействия на структуру материалов.
4. Исследовать смазочную способность биологических жидкостей организма и определить пути их доставки в зону контакта поверхностей трения естественных и искусственных суставов с целью восстановления природного механизма смазки и подвижности суставов.
5. Разработать методы экспресс-анализа эрозионной устойчивости узлов трения эндопротезов тазобедренного сустава и степени восстановления подвижности в суставе с помощью эндопротезирования.
6. Реализовать установленные закономерности и принципы в конструкции эндопротеза тазобедренного сустава и провести анализ его клинического применения.

**Научная новизна.**

1. Разработаны научные основы выбора материалов компонентов узла трения эндопротеза тазобедренного сустава, обеспечивающих в условиях естественной смазки триботехнические характеристики искусственного сустава не хуже, чем естественного здорового сустава, и повышенную эрозионную устойчивость материалов пары трения. Они включают в себя совокупность экспериментальных данных о механических и триботехнических свойствах естественных суставов, определение смазочной способности биологических жидкостей и путей их доставки в зону контакта трущихся поверхностей в естественном и искусственном суставах, иерархию конструкционных неорганических и органических материалов по их эрозионной устойчивости и механическим свойствам, а также конструктивные решения, направленные на создание необходимых условий для реализации низкого трения в искусственных суставах.
2. Определены механические и триботехнические свойства большой берцовой и бедренной костей и околосуставных биологических тканей. Установлены предельные нагрузки, вызывающие разрушение костных и хрящевых структур, а также нагрузки, приводящие только к упругой деформации и не снижающие жизнеспособность биологических тканей.
3. Разработаны новые принципы оценки работоспособности металл-полимерных узлов трения эндопротезов тазобедренного сустава, основанные на оптимальном сочетании постоянно действующей экстремальной нагрузки, вызывающей в полиэтилене деформации, близкие к пределу упругости, и времени ее приложения. Это позволяет в сотни тысяч раз сократить время испытания для оценки ресурса работы при нормальной эксплуатации тазобедренного сустава в течение десяти лет и более. Предложен новый параметр оценки эффективности искусственного сустава - коэффициент восстановления подвижности сустава, что позволяет проводить экспресс-анализ работоспособности искусственного сустава на срок не менее 10 лет и оценивать медицинскую, техническую и экономическую эффективность применения новых искусственных суставов.
4. Установлено, что при одном и том же химическом (ISO 5832/4) и фазовом (асо+Рсг+МегзСб) составе комохрома триботехнические характеристики узла трения в паре с полиэтиленом определяются микроструктурой металла: с увеличением степени дисперсности структуры и ее однородности снижаются коэффициент трения и крутящий момент, а коэффициент восстановления подвижности сустава увеличивается до 470%.
5. Установлено, что для обеспечения нормальной работоспособности искусственного сустава, в котором в паре с полиэтиленом используется титановый сплав, необходимо в головке создать ультрадисперсную микроструктуру с размерами структурных составляющих в 5-10 раз меньшими, чем в полуфабрикатах, получаемых по стандартным технологиям.
6. Показано, что имплантация ионов азота в поверхность головок из титановых сплавов, используемых в субтотальных (однополюсных) эндопротезах тазобедренного сустава, обеспечивает оптимальную смачиваемость металлической поверхности головки биологическими смазывающими жидкостями и повышение вследствие этого эрозионной устойчивости пары трения с хрящем вертлужной впадины.
7. Впервые на примере созданного эндопротеза тазобедренного сустава И.А.Мовшовича-Н.С.Гаврюшенко показана возможность принципиального усовершенствования теории низкофрикционной артропластики Дж. Чанли в части создания узлов трения с пониженным крутящим моментом за счет воссоздания биомеханического механизма подачи жирового компонента костного мозга в полость сустава.

**Практическая значимость.**

1. Создан и успешно применяется в клинической практике эндопротез тазобедренного сустава с резервным механизмом смазки. Эндопротез использован для восстановления подвижности пораженных тазобедренных суставов сотен больных со сроками наблюдения около 10 лет.
2. Разработана методика исследования узлов трения эндопротезов тазобедренного сустава, применяемая для оценки качества эндопротезов при приемочных и сертификационных испытаниях в лаборатории испытания изделий ортопедо­травматологического назначения Центрального НИИ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова Минздрава России, аккредитованной при Госстандарте РФ.
3. Составлен банк данных по крутящим моментам в эндопротезах тазобедренного сустава, позволяющий дать качественную и количественную оценку новых технических решений узлов трения без проведения долгосрочных испытаний.
4. Результаты исследований использованы в руководстве для врачей - монографии И.А. Мовшовича «Оперативная ортопедия» и лекционном материале автора для студентов МАИ и РУДН.
5. **ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ**
6. На основе экспериментальных исследований механических и трибологических свойств элементов крупных естественных суставов человека, неорганических и органических материалов, используемых для изготовления имплантатов, обоснованы принципы выбора материалов и технологии их обработки для создания эрозионностойких и низкофрикционных искусственных узлов трения, а также состава и способа смазки трущихся поверхностей эндопротезов тазобедренных суставов, имплантированных в организм человека. Показана целесообразность использования металл-полимерных пар трения искусственных суставов в соответствии с концепцией «низкофрикционной артропластики» профессора Чанли.
7. Исследованы механические свойства бедренной и большой берцовой кости и суставообразующих тканей тазобедренного и коленного суставов человека. При различных схемах напряженного состояния определены предельные нагрузки, не приводящие к механическому разрушению биологических тканей, а также нагрузки, вызывающие только упругие деформации, которые не нарушают нормальное функционирование биологических тканей.
8. Определены трибологические характеристики здоровых и пораженных естественных тазобедренных суставов человека. Показано, что в суставах человека, не подверженных патологическим изменениям, в присутствии естественного смазочного материала - синовиальной жидкости, минимальное значение коэффициента трения находится в пределах 0,0017 - 0,017.Среднее значение изменяется от 0,009 до 0,07. При артрозах оно возрастает до 0,12 (I степень), до 0,24 (II степень) и до 0,51 (III степень). На основе установленных закономерностей определены требования к триботехническим и эрозионным свойствам материалов узлов трения искусственных суставов, предназначенных для хирургического лечения и восстановления подвижности суставов человека, до уровней, свойственных здоровому суставу.
9. Исследовано влияние различных жидких веществ, выделяющихся в суставных или околосуставных биологических тканях, на триботехнические свойства естественных и искусственных суставов. Показано, что связка, соединяющая головку бедра с поверхностным слоем хряща вертлужной впадины, является системой для транспортировки в зону контакта трущихся поверхностей смазывающей жидкости, которая состоит из Триглицеридов жирных КИСЛОТ (С 18-С 19) с одной двойной связью (97,6%) и холестерина (2,4%). Тем самым установлен один из решающих факторов, определяющих низкое трение в здоровом естественном суставе. Установлено, что добавление костного жира в узел трения естественных и искусственных суставов, так же, как и добавление его в синовиальную жидкость, в несколько раз снижает коэффициент трения.
10. Оценена эрозионная устойчивость отечественных конструкционных материалов, традиционно применяемых или предлагаемых к применению в узлах трения эндопротезов. Установлена иерархия материалов по коэффициенту эрозионной неустойчивости по отношению к комохрому:

* комохром литейный - 100,
* керамика корундовая - 229,
* сплав титановый ВТ6 - 394,
* сплав титановый ВТ5-1 - 592,
* сплав циркониевый Э125 деф. - 650,
* сплав титановый ВТ6 с ультрадисперсной структурой (ТиУД)<100,
* оксидная керамика (производства МАТИ)<100,

Среди большой группы исследованных полимерных материалов наибольшей износостойкостью при сухих условиях трения обладает сверхвысокомолекулярный полиэтилен RCH 1000.

1. Проведены исследования влияния микроструктуры кобальт-хроммолибденовых сплавов, полученных отечественными и зарубежными производителями по различным технологиям, на триботехнические характеристики металл-полимерных пар узлов трения эндопротезов тазобедренного сустава. Показано, что триботехнические характеристики определяются не только твердостью металлического компонента пары трения, но и степенью однородности и дисперсности его микроструктуры. Независимо от фирмы производителя, при работе со сверхвысокомолекулярным полиэтиленом наибольшие значения коэффициента трения и крутящего момента показывают головки из Со-Сг-Мо сплавов с грубой литой микроструктурой, представленной первичными дендритными кристаллами а-кобальта с неравновесной вырожденной эвтектикой в междендритном пространстве, обогащенной хромом и карбидом типа Ме2зС6. С увеличением степени однородности и дисперсности микроструктуры происходит увеличение твердости сплава до 45 ед. HRC и уменьшение коэффициента трения и крутящего момента, что обеспечивает повышение подвижности искусственного сустава в 3-4 раза и ресурс работы без износа не менее 10 лет.
2. Проведены исследования влияния химического состава и микроструктуры а- и а+Р титановых сплавов на триботехнические характеристики металл-полимерной пары (головка - вкладыш). Показано, что независимо от химического и фазового состава, микроструктура полуфабрикатов, полученных по традиционной металлургической технологии, с размером структурных составляющих 10-30 мкм, обусловливает недопустимо высокие значения коэффициента трения и крутящего момента (в 5-10 раз превосходящие значения для естественного сустава), что приводит к быстрому износу не только полиэтилена, но и головки из титанового сплава. На примере сплава В Тб показано, что формирование ультрадисперсной микроструктуры технологическими методами (например, термоводородной обработкой, разработанной в «МАТИ»-РГТУ им. К.Э. Циолковского) позволяет в 7 раз снизить крутящий момент в паре трения с полиэтиленом. Триботехнические характеристики пары трения становятся выше, чем у естественного сустава и достаточно близки к характеристикам пары комохром-полиэтилен. При этом гарантированный ресурс работы металл-полимерной пары, в которой металлическая компонента представлена сплавом ВТ6 с ультрадисперсной структурой, составляет не менее 10 лет.
3. Исследована возможность повышения эрозионной стойкости титановых сплавов за счет модификации поверхности методом имплантации ионов азота. Установлена возможность изменения смачиваемости металлического компонента пары трения синовиальной жидкостью с помощью ионной имплантации азота в поверхностный слой и создания за счет этого необходимых условий эксплуатации однополюсных (субтотальных) эндопротезов тазобедренного сустава. Оптимизация смачиваемости поверхности головок из титановых сплавов, подвергнутых имплантации азотом, обеспечивает повышение эрозионной устойчивости пары головка-хрящ на 20-25%.
4. На основе более, чем 20-летних наблюдений разработана методика экспресс- анализа эрозионной устойчивости узлов трения эндопротезов суставов, применяемая для оценки качества эндопротезов при приемочных и сертификационных испытаниях в лаборатории испытания изделий ортопедо-травматологического назначения Центрального НИИ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова Минздрава России, аккредитованной при Госстандарте РФ. Разработка данной методики позволяет определять крутящие моменты в натуральных и искусственных суставах, коэффициент трения, степень восстановления подвижности в оперированном суставе с помощью эндопротезов различной конструкции и прогнозировать гарантированный срок службы металл- полимерной пары трения искусственных суставов. Введено понятие о коэффициенте восстановления подвижности сустава, позволяющее определить медицинскую, техническую и экономическую эффективность узла трения эндопротезов тазобедренного сустава.
5. На основании результатов исследования и выявленных закономерностей создана и использована в клинической практике на сотнях пациентов конструкция эндопротезов тазобедренного сустава Мовшовича-Гаврюшенко с резервным механизмом смазки. Эндопротез прошел 10-летние клинические испытания и показал высокие эксплуатационные свойства.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Chamley J. Arthroplasty of the hip. A new operation. 1961, Lancet №1, 1129 p.
2. Gluck T. Referat uber die durch das modeme chirugische Experiment gewonnen positiven Resultate. Arch. Klin. Chir. 1891, №41, 87 p.
3. Oilier L. Triate des resections et des operations conserlatives que on peut practiquer sur le systeme osseux, Paris, 1883.
4. Murphy J.B. Ankylosis-arthroplasty. Clinical and experimental. J.A.M/A.44, 1905,

1573 p.

1. Baer W.S. Artroplasty with the aid of an animal membrane. Amer J. Ortop. Surg. №16,

1918.

1. Frank E et.al. Total hip replacement. Curr. Pract. Orthop. Surg. 1973, №5, 134 p.
2. Smith-Petersen M.N. Evolution of mold artroplasty, J. Bone Joint Surg. 1948, №30-B,

59 p.

1. Wiles P.W. Surgery of the osteoarthritic hip, Brit. J. Surg. 1958, №45, 488 p.
2. Moore A.T., Bohlman H.R. Metal hip joint. A case, J. Bone Joint Surg. 1943, №25,

688p.

1. Judet J., Judet R. The use Jif an artificial femoral head for arthroplasty of the hip joint, J. Bone Joint Surg 1950, № 32-B, 166 p.
2. Цивьян Я.Л. Внутрисуставное протезирование тазобедренного сустава. Новосибирск, 1959, 336 с.
3. Peterson L.T. The use of a metallic femoral head, J. Bone Joint Surg. 1951, №33-A,

65p.

1. Haboush E.J. A new operation for arthroplasty of the hip based on biomechanics, photoelasticity, fast setting dental acrylic and of her considerations Bull. Hosp. Joint. 1953, Dis №14, 243 p.
2. Me Kee G.K. Artificial hip joint., J. Bone Joint Surg. 1951, №33-B,465 p.
3. Chamley J. Low friction arthroplasty of the hip. Berlin, New York, Shringer Verlag,
4. Waugh W, J. Chamley The Man and the Hip. London, 1990, p.p. 112-138
5. Amstutz H. C. and Grigoris P. Metal on Metal Bearings in Hip Arthroplasty. Clin Orthop 1996, №329S, p.p. 11-34
6. Huttinger K., Maurer H. Tribological properties of carbon materials in artificial joints. Biomaterials, J.Wiley and Sons Ltd, 1982, p.p. 177-185
7. Plitz W. and Hoss H. Wear alumina-ceramic hip joints: some clinical and tribological aspects. Biomaterials, J. Wiley and Sons Ltd, 1982, p.p. 187-196
8. Wilson JN, Scales JT: Loosening of total hip replactmtnt with ctmtnt fixation. Clin Orthop 72, 1970 p.p. 145-160
9. Leray J., Christel P. Tissue tolerance jf wear debris from arthroplasties. Biomaterials. J.Wiley and Sons Ltd, 1982, p.p. 197-206
10. Doom P., Mirra J., Campbell P., Amstutz H. Tissue reaction to metal on metal total hip prostheses Clin Orthop 329S 1996, p.p. 187-205.
11. Dobbs H., Minski M. Metal ion release after total hip replacement. Biomaterials. J.Wiley and son Ltd, 1980, p.p. 255-263.
12. Amstutz HC, Gampbell P, Kossovsky N, Glarke JC Mechanism and clinical singnificance of wear debris-induced osteolysis. Glin Orthop 276, 1992, p.p. 7-18.
13. Goldring SR, Schiller AL, Roelke M, et al. The synovial-like membrane at the bone- cement interface in loose total hip replacements and its proposed role in bone lysis. J Bone Joint Surg 65A, 1983, p.p. 575-584.
14. Maloney WJ., Jasty M, Harris W.H., Galante J.O., Gallaghan J.J. Endosteal erosion in association with stable uncemented femoral components. J Bone Joint Surg 72A, 1990, p.p. 1025- 1034.
15. Maloney W.J., Jasty M, Rosenberg A, Harris W.H. Bone Lysis in well-fixed cemented femoral components. J Bone Joint Surg 72B, 1990, p.p. 966-970.
16. Mirra J.M., Amstutz H.C., Matos M, Gold R. The pathology of joint tissues and its clinical relevance in prosthetic failure. Glin Orthop 117, 1976, p.p. 221-242.
17. Mirra J.M., Marder R.A., Amstutz H.C. The pathology of failed total joint arthopasty. Glin Orthop 170, 1982, p.p. 175-183
18. Schmalzried T.P., Jasty M, Harris W.H. Periprosthetic bone loss in total hip arthroplasty. Glin Orthop 274, 1992, p.p. 60-78.
19. Schmalzried T.P., Kwong L.M., Lasty M, et al: The mechanism of loosening of ctmtnted acetabular components in total hip arthoplasty. Glin Orthop 274, 1992, p.p. 60-78.
20. Willert HG, Semlitsch M: Reactions of the articular capsule to wear products of artificial joint prostheses. J Biomed Mater Res 11:157-164,1977.
21. Walker P. and Gold B. The tribology (friction, lubrication and wear) of all-metal artificial hip joints [reprinted from Wear 17: 285-299, 1971] Clin Orthop 329S: 4-10, 1996.
22. Сиваш K.M. Аллопластика тазобедренного сустава.-М:Медицина.-1967.-196 с.
23. Шерепо К.М. Асептическая нестабильность при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава //Док.дисс., 1990, Москва.
24. Jansons Н.А. The development of the endoprotheses in the USSR, CRC critical reviews in Biocompatibility, v.3, issue 2, p 87- 192, 1987.
25. Мовшович И. А. Оперативная ортопедия. - М.: Медицина.- 1994.-446 с.
26. Мовшович И.А., Гаврюшенко Н.С. Синтетические полимерные материалы в травматологии и ортопедии. ВНИИ-центр, М. 1980.
27. Мовшович И.А., Виленский В.Я. Полимеры в травматологии и ортопедии. М. Медицина.-1978.-286 с.
28. Гаврюшенко Н.С. Развитие проблемы эндопротезирования суставов человека. Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы травматологии, ортопедии и медицины катастроф», Волгоград. 7-9 июля 1994, с.4-7.
29. Мовшович И.А., Гаврюшенко Н.С. Физико-механические свойства лавсановой ленты после 8 лет пребывания в организме человека. Тезисы докладов Ш Всесоюзной конф. По проблемам механики, 20-22 апреля, Рига, 1983, т.1, с.129-130.
30. Мовшович И.А., Гаврюшенко Н.С. Биомеханика тазобедренного сустава и основные конструктивные особенности тотальных эндопротезов ТБС. Сб.4 «Современные проблемы биомеханики», Рига, 1985, с.104-121.
31. Разумова Л.Л., Рудакова Т.Е., Гаврюшенко Н.С., Мовшович И.А. Кинематические изменения лавсановых эндопротезов сухожилий и связок под влиянием среды организма и биомеханических напряжений. Тезисы докладов международной конференции «Достижения биомеханики в медицине». В кн. «Медицинская биомеханика», Рига, 1986,т.4, с.52.
32. Зарацян А.К., Головкин Г.С., Рязанцев А.Н., Гаврюшенко Н.С. В кн. «Подбор материалов на основе углерода для применения в медицине.»,Ереван, 1986, с.30-36.
33. Мовшович И А., Гаврюшенко Н.С. Состояние и перспективы применения полимерных материалов в эндопротезировании В кн. «Эндопротезирование в травматологии и ортопедии».Сб.научных трудов, Саратов, 1987, с. 16-21.
34. Казаков М.Е., Бизякина Н.Г., Прокимнов В.В., Лебедев B.C., Мовшович И.А.. Гаврюшенко Н.С., Зарацян А.К. Применение углеродных материалов в травматологии и ортопедии. Химические волокна, 1989. 2, с.30-31.
35. Гаврюшенко Н.С. Влияние некоторых физико-механических факторов на судьбу эндопротеза ТБС и его функциональные возможности. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, 4, 1994, с.30-34.
36. Малыгина М.А., Невзоров А.М.. Гаврюшенко Н.С. Прочностные характеристики передней крестообразной связки коленного сустава и ее эндопротезов. Сборник материалов третьего конгресса Российского артроскопического общества, 1999, с. 103.
37. Загородний Н.В., Ильин А.А., Карпов В.Н., Надеждин А.М., Скворцова С.В., Сергеев С.В.. Плющев А.А., Гаврюшенко Н.С. Титановые сплавы в эндопротезировании тазобедренного сустава. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, 1, 2000, с.49-53.
38. Шестерня Н.А., Балатбаев К.Н., Гаврюшенко Н.С. Исследование прочности соединения отломков при внутрисуставных и околосуставных переломах трубчатых костей нижних конечностей цанговыми фиксаторами. В кн. «Лечение открытых переломов костей и их последствия», М., 1985, с.61-65.
39. Мовшович И.А., Гаврюшенко Н.С., Головкин Г.С. Рязанцев А.Н., Дмитренко В.П., Лебедев B.C., Молчанов Б.И., Зарацян А.К. Фиксатор для остеосинтеза. А.С.1415485.
40. Кройтор Г.М., Липкин С.И., Кавешников А.И., Гаврюшенко Н.С. О некоторых биологических и физико-механических свойствах фиксаторов для остеосинтеза из рассасывающихся полимеров. «Проблемы травматологии и ортопедии». Тез. Докл.6 съезда травматологов Прибалтийских республик, Таллин, 1990, т.1, с.119-121.
41. Гаврюшенко Н.С., Курзин А.А. Трибомеханические испытания материалов и эндопротезов тазобедренного сустава. 2-ая Всероссийская конференция по биомеханике памяти Берштейна Н.А., Нижний Новгород, 22-25 ноября 1994. Тезисы докладов, т.2, с.ЗЗ.
42. Загородний Н.В., Магомедов Х.М., Гаврюшенко Н.С. Эндопротезирование: цементная фиксация эндопротезов, техника, осложнения. Материалы 3-й Всероссийской научной конференции по программе «Университеты России», раздел «Медицина», «Фундаментальные основы жизнедеятельности организма в норме и патологии», М. 1996, с.135-139.
43. Гаврюшенко Н.С., Уразгильдеев З.И., Хоранов Ю.Г. Трибологические характеристики отечественных эндопротезов тазобедренного сустава. У1 съезд травматологов и ортопедов, 9-12 сент., 1997, Н.Новгород, Тезисы докл., с.538.
44. Шерепо К.М., Гаврюшенко Н.С., Стендовые испытания демпфирующего эндопротеза. 1У Всероссийская конференция по биомеханике «Биомеханика-98». Тезисы,

Н.Новгород, 1998. с.22.

1. Малыгина М.А., Невзоров А.М., Гаврюшенко Н.С. Определение прочностных и деформационных характеристик эндопротезов передней крестообразной связки коленного сустава. Мат. Конгресса травм.-. России с межд. участием, Ярославль, 1999, с.101.
2. Малыгина М.А., Невзоров А.М., Гаврюшенко Н.С. Прочностные характеристики передней крестообразной связки коленного сустава и ее эндопротезов. Сб. материалов 3-го конгресса Российского артроскоп. Общ., 1999, с.103
3. Малыгина М.А., Невзоров А.М., Гаврюшенко Н.С. Анатомия и биомеханические свойства крестообразных связок коленного сустава. Сб. материалов 3-го конгресса Российского артроскоп. Общ., 1999, с. 103
4. Городниченко А.И.. Гаврюшенко Н.С., Казаков М.Е., Керничанский В.М. Сравнительная характеристика стабильной фиксации некоторых современных аппаратов для чрескостного остеосинтеза. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н.Приорова, 4. 1999, с.49-52.
5. Мовшович И. А. Актовая речь на заседании Ученого совета ЦИТО им.Н.Н.Приорова 1993 г.
6. Шерепо К.М., Марков Ю.А., Гаврюшенко Н.С. Экспериментальная апробация хирургического цемента на основе альфа-цианакрилата. Сб. научной конфер. «Современные технологии в травматологии и ортопедии», ЦИТО, 1999, с.228.
7. Охотский В.П., Малыгина М.А., Гаврюшенко Н.С. Синтетические протезы связок при восстановлении стабильности коленного сустава. Тезисы городской научно- практич. конференции «Применение полимеров в травматологии и ортопедии», М.24 мая 2000, НИИСП им.Н.В.Склифосовского, с.9-20.
8. Михайлова Л.М., Ломтатидзе Е.Ш., Гаврюшенко Н.С. Морфобиомеханическая характеристика локтевой кости кролика при повышенной функциональной нагрузке. Сб. трудов ЦИТО «Биомеханические исследования в травматологии и ортопедии», 1988 г. с.51-

54.

1. Слесаренко Н.А., Эль-Махди Т., Гаврюшенко Н.С. Morpho-tribo-mechanical characteristics of the articular cartilage in animals under conditions of hypokinesis . Proc. Inst. Mech. ENGRS, v.206,1992,p,174-179.
2. Гаврюшенко H.c. Recomendations with respect to the improvement of lubrication qualuities of synovial fluid in artificial joints. Proc. Inst. Mech. ENGRS, v.207,1993,p.l 11-114.
3. Ветрилэ С.Т.Ю Усманов M.M., Погожев В.А., Гаврюшенко Н.С. Прочность позвоночных сегментов после вмешательства на дисках с применением и без применения имплантатов. «Остеохондрос позвоночника» Мат.сов.-амер. Симпозиума, М.,ЦИТО,1991.
4. Касымов И.А., Гаврюшенко Н.С., Лекишвили М.В. Сравнительная оценка механических свойств замороженной кортикальной и перфорированной поверхностно- деминерализованной кости. Мат. Конгресса травм.-орт. России с межд. участием. Ярославль, 1999, с. 103.
5. Гаврюшенко Н.С. Здоровье заложено в качестве. Российский нац. Конгресс «Человек и здоровье». Мат. конгр. С.Петербург, 1999, с.241-242.
6. Лазарев А.Ф., Солод Э.И, Гаврюшенко Н.С. Биомеханические исследования прочностных характеристик полифасцикулярного остеосинтеза пучками v-образных напряженных спиц. Тезисы «Современные технологии в травматологии и ортопедии». М.,25-26 марта,1999, с.23.
7. Касымов И.А., Гаврюшенко Н.С. Механические свойства различных видов костных аллопластических материалов. Ж.Вестник травм. И орт. №2,1999, с.62-65.
8. Макаров М.А., Родионова С.С., Гаврюшенко Н.С., Морозов А.К., Колондаев А.Ф. Роль двухэнергетической денситометрии (DEXA) в оценке риска переломов шейки бедра при остеопорозе. Тезисы конф. с междунар. участием «Проблема остеопороза в травматологии и ортопедии». М., 16-17 февр.2000, с.73-74.
9. Гаврюшенко Н.С., Булгаков В.Г., Шальнев А.Н., Аникин А.В. Влияют ли фосфолипиды на трение суставного хряща по силиконовой резине? (Экспериментальное исследование). Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н.Приорова, №4, 2000, с.39-42.
10. Гаврюшенко Н. С., Булгаков В.Г., Шальнев А.Н. Влияние синовиальной жидкости человека на трение в узлах подвижности эндопротезов суставов. В печати.
11. Гаврюшенко Н.С. Критерий трибологического соответствия естественного и искусственного суставов. У1 съезд травм, и ортопед., 9-12 сент.1997, Н.Новгород, тезисы докл., с.536.
12. Гаврюшенко Н.С. Методика исследования качества узлов трения эндопротезов тазобедренного сустава человека. У1 съезд травм, и ортоп., 9-12 сент.1997, Н.Новгород, тезисы докл., с. 537.
13. Гаврюшенко Н.С. Классификация эндопротезов ТБС по качеству узла трения. Мат. конгресса травм.-ортоп. России с межд. участием, Ярославль, 1999, с. 101.
14. Гаврюшенко Н.С., Мовшович И.А. Эндопротезирование суставов - по какому пути идти? Тезисы докладов межд. конференции «Достижения биомехиники в медицине». В кн. «Медицинская биомеханика», Рига, 1986, т.2, с.218.
15. Мовшович И.А., Гаврюшенко Н.С. Эндопротез тазобедренного сустава И.А.Мовшовича - Н.С.Гаврюшенко. А.с.1519687, Б.м.№41:1989 г. Патент РФ №1519687.
16. Гаврюшенко Н.С. Резервный механизм трения в натуральных и искусственных суставах. Тезисы докл. УШ школы по биологии опорно-двигательного аппарата, Киев., 19- 21,06,1990, с.47
17. Гаврюшенко Н.С. The development of the theory of low friction arthroplasty of the hip. 10th-Gongress of the Yugoslav Ortopaedic and Traumatology Association with international participation 6-9 June, 1990, p.287.
18. Гаврюшенко Н.С. Recomendations with respect to the improvement of lubrication qualities of synovial fluid in artificial joints. Proc. Inst. Mech. Engrs v.206, 1992, p.174 .
19. Гаврюшенко H.C. Choose of optimal friction pair for joint endoprotheses. International conference “Polymers in medicine-88”, Warsaw, oct.3-7, 1988. PWN-Polish Scien. Publishers, T.XV111, №3, 1988, p. 141-142.
20. Khvesyuk Y.I., Tsygankov P., Gavriouchenko N.S. Effect of the dose and the kind species of the implanted atom on the wetting characteristics of the titanium alloy surface. Journal of the Vacuum society of Japan, v.38, p.212,1995.
21. Гаврюшенко H.C. Новые материалы и возможности создания износостойких узлов трения эндопротезов тазобедренного сустава. Сб. материалов Симпозиума с межд. участием «Эндопротезирование крупных суставов», М., 17-19 мая, 2000, с.15-23.
22. Загородний Н.В. Эндопротезирование коленного сустава на современном этапе. Сб. материалов Симпозиума с межд. участием «Эндопротезирование крупных суставов», М., 17-19 мая, 2000, с.33-34.
23. Мс Кее GK: Development of total prosthetic replacement of the hip.Clin.Orthop.72, 85-103, 1970
24. Сиваш К.М. Аллопластика тазобедренного сустава.- М: Медицина.-1967.-196 с.
25. Zweymuller К, Deckner A, Kupfterschmidt W, Steindl М: Further development of the cementless conical threaded cap.3 rd Vienna simposium: 65-101.1994.
26. Metal on Metal Hip Protheses: Past Performance and Future Directions. Clin. Orthop Res, 329S, 1996.
27. Zweymuller K.The Zweymuller Total Hip Protheses-15 Years’ Experience. 3 rd Vienna Symposium. Horgefe and Huber Publishers, Seattle-Toronto-Gottingen-Bem, 1994, p.230
28. Симпозиум с международным участием «Эндопротезирование крупных суставов». М., 17-19 мая, 2000, с.163.
29. Atamert S., Steely J.: Microstructure, wear resistance and stability of cobalt based and alternative iron based nandfacing alloys. Surf. Eng. 9:231-240, 1993.
30. Streicher RM Tribology in medicine: Testing and optimisation of material combinations for endoprotheses.Med Orthop Tech 108: 2-44,1988
31. Streicher RM, Schon R, Semlish M. Investigation of the tribological behaviour of metal-on-metal combinations for artificial hip joints. Biomed Tech 35: 1-7,1990.
32. Harris WH:The problem is osteolysis. Clin. Orthop.311:46-53,1995.
33. Semlisch M, Streicher RM, Weber H: Wear behaviour of cast CoCrMo cups and balls in long term implanted total hip prostheses. Orthopade 18:377-381,1989.
34. Weber B.G. Metalll/metall -Totalprothese des Huftgelenkes:Zuruck in die ZukunftZ.Ortop. 130,306-309,1992.
35. Amstutz C.,Grigoris P/Metal on metal bearings in hip arthroplasty. Clin Orthop 329S:

11-34,1996.

1. Kiglus DJ, Dorey E.J, Finerman GAM, Amstutz HC : Patient activity, sport participation, and impact loading on the durability of cemented total hip replacements. Clin. Orthop 269:25-31,1991.
2. Me Kee GK, Watson-Farrar J.: Replacement of arthritic hips by the Me Kee-Farrar prostheses. J.Bone Joint Surg.48B:245-259,1966.
3. Ring RA: Complete replacement arthroplasty of the hip by the Ring prostheses J.Bone Joint Surg 50 B:720-731,1968.
4. Muller M.E. Total hip prostheses. Clin Orthop 72:46-68,1970.
5. Visuri T , Kosken-vio M: Canser risk after Me Kee-Farrar total hip replacement. Ortopedics 14:137-142,1991.
6. Ahnfelt at al Prognosis of total hip replacement. Acta orthop Scand 6 (Suppl 238)

; 1-26,1990.

1. August A .et al :The Me Kee - Farrar hip arthroplasty. A long term study. J Bone Joint Surg 68B: 520-527, 1986.
2. Schulte K.R., Gallaghan J.J., Jonston R.C. The outcome of Chamley total hip arthroplasty With cement after a minimum twenty-year follow-up: The results of one surgeon. J.Bone Joint Surg. 75 A: 961-975, 1003.
3. Muller M:The benefits of metal-on-metal total hip replacements . Clin Orthop 311:54-59,1995
4. Swanson SAV, Freeman MAR, Health JC: Laboratory tests on total joint replacement protheses J Bone Joint Surg 55B:759-773,1973.
5. Weber BG,Semiitch MF, Streicher RM: Total hip joint replacement using CoCrMo metal-on-metal sliding pairing.J Jpn Orthop Assoc 67:391-398,1993.
6. Black J. Metal on metal bearings. A practical alternative? Clin Orthop 329S:244- 255,1996.
7. Shmidt M, Weber H, Schon R. Cobalt Chromium Molybdenum metal combination for modular hip prostheses. Clin Orthop 329S, 35-47,1996.
8. Wait ME, Walker PS, BlunnJW: Tissue reaction to CoCr wear debris from metal on metal total hip replacement. Trans Europ Orthop Res Soc 5:160,1995.
9. Goodman S et al: Tissue in growth and differentiation in the bone-harvest chamber in the presence of CoCr alloy and high density polyethylene particles. J Bone Joint Surg 77A:1025- 1035,1995.
10. Kelly SC, Johnston RC: Debris from cobalt-chromium cable may cause acetabular loosening. Clin Orthop 285:140-146,1992.
11. Walker PS, Gold BL. The tribology (Friction, Lubrication and Wear) of All-Metal Artificial Hip Joints. Clin Orthop 329 S:5-10,1996.
12. Крагельский И.В., Михин H.M. Узлы трения машин. М.: Машиностроение.
13. 286с.
14. Шерепо К.М. Асептическая нестабильность при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава, докт. дисс. М., 1990.
15. Синюхин А.В., Будницкий Ю.М., Горохова Е.В., Гаврюшенко Н.С. Переработка сверхвысокомолекулярного полиэтилена методом штамповки. Сб. научных трудов МХТИ им.Д.И.Менделеева «Механика в хим. Технологии», М., 1991, с.55-59.
16. Клубова Е.В. Разработка технологических способов обеспечения регламентированной микроструктуры и заданного комплекса механических свойств компонентов эндопротезов тазобедренного сустава из титанового сплава ВТ6. Автореферат канд. Дисс. М., 2000.
17. Ferguson А.В. et al. J bone Jt surg 42A, 77, 1960.
18. Ferguson А.В/ et al. J bone Jt surg. 44A /317, 1962 .
19. Chamley J. Clinical and laboratory observations of the rate of wear of different plastic materials in the socket of artificial hip joints. Materials for use in mtdicine and biology. Cambridge, July, 1974, 55 -th scientific meeting.
20. . Black J. J bone Jt Surgery, 60 B, №3, 304, 1978
21. Wroblewski B.M.: Direction and rate of wear in Chamley low friction arthroplasty.

J.Bone Joint Surgery 67B:757-761, 1985.

1. Dowson D., Seedhom B., Johnson. Bio-mechanics of the lower limb in An

Introduction to the Biomechamics of Joints and Joint Replacement, Ed by Dowson D. and

Wrightv, Mech. Engn. Pub. Ltd, London, 1981, p. 68-81.

1. Shen C., Dumbleton J. H. Wear, 30, 349, 1974.
2. Grobbelaar C.J., Du Plessis Т., Marais F. The radiation improvement of polyethylene properties. J bone Jt surg , 60B , 3, 370, 1978.
3. Plester D.W. The effect of sterilizing processes on plastics. - “Bio-Medical Engineering”, 1970, 5,443.
4. Bruck S.D. Sterilisation problems of synthetic biocompatible materials. - “J.Biamedical Mat. Res.”, 1971, 5, 139.
5. Вильямс Д, Роуф P. Имплантаты в хирургии. М.Медицина, 1978, с.146-158.
6. Meachim G., Williams D., J. of Biomed. Mat. Res. 1973.
7. Bechtol C., Ferguson A., Laing P.Metals and Engineering in Bone and Joint Surgery. 1959, London: Balliere, Tindall and Cox.
8. Верченко Г.Н., Горохов В.Ю. Клинико-морфологическое обоснование использования пластин из циркониевого сплава для накостного остеосинтеза. Сб. материалов Симпозиума с межд. участием «Эндопротезирование крупных суставов», М., 17-19 мая, 2000, с.10-11.
9. Emneus Н. Some aspects of osteosynthetic materials as a foreign body.-Acta Orth. Scan., 1967,38,368.
10. Bultitude E., Morris J. Laboratory study of the corrosion of implants. Atomic weapon establishment report GRO 44/ 83/29 , 1969.
11. Bobyn,J.D., Dujovne, A.R., Krygier, J.J., Young, D.L: Surface analysis of the taper junctions of retrieved and in-vitro tested modular hip prostheses, In: Biological, Material, and

Mechanical Considerations of Joint Replacement: Current Concepts and Future Direction (Morrey, B.F., ed.) Raven Press, New York, 1993.

1. Krygier, J.J., Bobyn, J.D., Dujovne, A.R., Young, D.L., Brooks, C.E.: Strength, stability, and wear analysis of titanium femoral hip prostheses tested in fatigue. Trans, of 4th World Biomat. Congress. Berlin, 1992, p. 626.
2. Dujovne, A.R., Bobyn, J.D., Krygier, J.J., et al.: Fretting at the head/neck taper of modulai hip prostheses. Trans, of 4th World Biomat. Congress, Berlin, 1992, p. 264.
3. Bobyn, J.D., Tanzer, М., Krygier, J.J., Dujovne, A.R., Brooks, C.E.: Concerns with modulai THR. Trans, of 21st Open Meet, of the Hip Society, San Francisco, 1993.
4. Collier, J.P., Surprenant, V.A., Jensen, R.E., Mayor, M.B.: Corrosion at the interface oi cobalt-alloy heads on titanium-alloy stems. Clin. Orthop. 271:305, 1991.
5. Collier, J.P., Surprenant, V.A., Jensen, R.E., Mayor, M.B., Surprenant, H : Corrosior "Tetween the components of modular femoral hip prostheses. J. Bone Joint Surg. 74B:511,1992
6. Mathiesen, E.B., Lindgren, J.U., Blomgren, G.G.A., Reinholt, P.P.: Corrosion of modulai hip prostheses. J. Bone Joint Surg. 73B:259, 1991.
7. Gilbert, J.L., Buckley, C.A., Jacobs, J.J., et al.: Mechanically assisted corrosive attack ir the Morse taper of modular hip prostheses. Trans, of 4th World Biomat. Congress, Berlin, 1992 P. 267.
8. Brown, S.A., Flemming, C.A.C., Kawalec, J.S. et al.: Fretting accelerated crevice corrosior of modular hips. Trans, of Soc. for Biomat. Implant Retrieval Symp. 1992, p. 59.
9. Crowninshield, R, Price, H., Parr, J., Gilbertson, L., Lower, J.. Shetty, R: Hardness abrasion resistance, and paniculate release from metallic implant surfaces. Trans, of 37th Ann Meet, of Orthop. Res. Soc., Anaheim, 1991, p. 91.
10. McTighe, Т., Hastings, R., Vaughn, B.K., Vise, G.T.: Surface finishes for titanium cementles; stems. Poster Exhibit. 60th Ann. Meet, of AAOS, San Francisco, 1993.
11. Kasemo, B., Lausmas, J.: Biomaterial and implant surfaces: on the role of cleanliness contamination, and preparation procedures. J. Biomed. Mater. Res. Appl. Biomater. 22 (SuppI A2):145, 1988.
12. Ricci, J.L., Kummer, F.J., Alexander, H., Casar, R.S.: Embedded paniculate contaminant! in textured metal implant surfaces. J. Applied Biomat., 3:225, 1992.
13. Bloebaaim, R.D. and Dupont, J.A.: Osteolysis from a press-fit hydroxyapatite coated implan a case study. J. Anhroplasty (Suppl.) April, 1993.
14. Campbell, P., McKellop, H., Park, S.H., Malcom, A.: Evidence of abrasive wear by panicle from a hydroxyapatite coated hip prosthesis. Trans, of 39th Ann. Meet, of Orthop. Res. Soc San Francisco, 1993.
15. Tanzer, М., Maloney, W.J., Jasty, М., Harris, W.H.: The progression of femoral cortic. osteolysis in association with total hip arthroplasty without cement. J. Bone Joint Surg. 74A:40 1992.
16. Howie, D.W., Vemon-Robens, B., Oakeshott, R., Manthey, B.: A rat model of resorptio of bone at the cement-bone interface in the presence of polyethylene wear panicles. J. Bon Joint Surg. 70A:257,1988.
17. Bobyn, J.D., Aribindi, R., Monimer, E., Tanzer, М.: The effect of noncemented implar surface geometry on polyethylene debris migration and peri-implant histogenesis. Trans, of 271 Ann. Meet, of Canadian OUhop. Res. Soc., Montreal, 1993.
18. Hill, G.E.: HGP press-fit at five years. Trans, of 22nd Ann. Hip Course (Harris, W.H., dir. Boston, 1992.
19. Buchen, P.K., Vaughn, B.K., Mallory, Т.Н., et al.: Excessive metal release due to loosenini and fretting of sintered panicles on porous-coated hip prostheses. Repon of two cases. J. Вот Joint Surg. 68A:606, 1986.
20. Bobyn, J.D. and Milter, J.E.: Features of biologically fixed devices. In: Joint Replacemen Arthroplasty (Morrey, B.F., ed.) Chruchill Livingstone, New York, 1991, p. 61.
21. Callaghan, J.J., Dysan, S.H., Savory, C.G.: The uncemented porous-coated anatomic tote hip prosthesis. Two-year results of a prospective consecutive series. J. Bone Joint Surg. 70A:337 1988.
22. Freeman M.A.R.,Swanson S.,Heath. Stady of the wear particles produced from Co- Cr-Mo-Mn total joint replacement protheses.-«Annals of Rheumatic Diseases»,Suppl.,1969, 28- 29.
23. Evans F. Mechanical properties of bone. Charls C. Thomas. Springfield, 1973, 300 p.
24. Yamada H. Strength of biological materials. Williams and Wilkins, Baltimore, 1970,

405 p.

1. Кнетс И.В., Пфафрод Г.О., Саулгозис Ю.Ж. Деформирование и разрушение твердых биологических тканей. Рига, «Зинатне», 1980, 320 с.
2. Fukada Е., Yasuda I. On the piezoelectric effect in bone. J. Phys. Soc. Japan,1957, 12,1158-1162.
3. Fukada E., Yasuda I Piezoelectric effects in collagen. Jap. J. appl. . Phys.1964, 3, 117-121.
4. Van Buskirk W., Ashman R. The elastic moduli of bone. AMD, v 45 (Ed. By Cowin) Amer. Soc. ofMech. Eng., N.Y. 1983.
5. Ashman R, Cowin S. Van Buskirk W.,Rice J. A continuous wave tecnique for the measurement of the elastic properties of cortical bone. J. Biomechanics, 1984, 17,349-361.
6. Ashman R, Rosinia G., Cowin S., Fortenot M. The bone tissue of the canine mandible is elastically isotropic/ J. Biomechanics, 1985,18, 717-721.
7. Currey J. The mechanical adaptation of bones. Princeton University Press, Princeton, N.Y.1989
8. Янсон Х.А.,Бите Г.Р.,Саулгозис Ю.Ж., Кнетс И.В. Твердость большеберцовых костей человека.-Механика полимеров, 1973,№6, с. 1101 -1107.
9. Frost Н.М. Bone remodeling Dinamics. Clars С. Thomas, Springfield, IL, 1964.
10. Bryant F.,Loutit J. The entry of strontium-90 into human bone. «Proc.Roy.Soc.».1963,v. 159,449-465.
11. Woodard H The elementary composition of human cortical bone.-«Hlth. Phys.»1962, v.8, p.513-517.
12. Woodard H. The composition of human cortical bone. - Clin. Orthop. 1964, v.37, p.187-193.
13. Jonson L. Morphologic Analysis in pathology Bone Biodinamics. Ed. H.Frost. Boston, Little, Brown and Co., 1964, p.543-654.
14. Robinson R. Chemical analysis and electron microscopy of bone. In Bone as a Tissue. Ed. K.Rodahl et al., N.Y.,Mc Grow-Hill Book Co., Inc.,1960, p.186-250.
15. Robinson R. Compartments to tracer Calcium In the body.- In: Bone Biodinamics. Ed. H.Frost. Boston, Little, Brown and Co., 1964, p.423-439.
16. Spiers F. Radioisotops in the human body: Physical and Biological Aspects. N.Y. Acad. Press., 1969.
17. Янсон Х.А.Днетс И.В., Саулгозис Ю.Ж. Физиологическое значение изменения объёма кости при деформировании.- Механика полимеров, 1974, №4, с.695-703.
18. Vaugham j. The physiology of bone. Oxford. 1970, 325 p.
19. Seliger W. Tissue Fluid Movement in Compact Bone- Anat.Rec.,1970, v.166, p.247-

255.

1. Янсон X.A. Биомеханика нижней конечности человека. Рига,1975, 324 с .
2. Слесаренко Н.А.Структурные адаптации костной системы пушных зверей при различной двигательной активности Докторская диссертация, М., 1987.
3. Ohnsorge J. Some aspects of polymerizing bone cement. Proc. Brit. Orthop. Assn. Belfast. 1971. J. Bone Jt. Surgery, 53B, p.758.
4. Hamerman D., Barland P., Jains R. The structure and chemistry of the synovial membrane in health and disease. - In Biol. Basis Med., 1969, №3, p.269.
5. Wright V., Dowson J., Kerr L. International review of connective tissue research, 1973, v.6, p.105-122
6. Павлова B.H. Синовиальная среда суставов,М.1980, 123 с.
7. Hamerman D., Rosenberg L., Shubert М., Review article diarthrodial joints revisiter.N.Y.- J.Bone Jt. Surg.,v.52 A, 1970, p.725-769.
8. May B.K. Роль смазки в биомеханике суставов. Проблемы трения и смазки: Труды американского общества инженеров механиков. №2, 1969, с. 131-141
9. Гуревич Д.А., Духовский Е.А., Имамалиев А.С. и др. Исследование процесса трения в эндопротезе тазобедренного сустава. Трение и износ, т.4, №2, 1983, с. 281-285
10. Barnett С.Н., Davies D.V., McConail М.А. Synovial joints. London, 1968, 304 p.
11. Каплан А.И. Хрящ. В мире науки, № 12, 1984, с. 26-35.
12. McCutchen C.W. The frictional properties of animal joints, Wear. V/5, 1962, Р/1-17
13. Ling F.F. A new model of articular cartilage in human joints. Trans. ASME, V.F96, №3, 1974, p. 449-454
14. Beloyenko E., Ermakov S., Eismont O. Cholesterol liquid crystals (ChLC) effect on cartilage matrix structures and cells. Abstr. Symposium SIROT, 1997, p. 93
15. Ермаков С.Ф. Влияние природы контртела и смазочной среды на трение суставных хрящей. Трение и износ, т.9, 1988, с. 322-327
16. McCutchen C.W. Boundary lubrication by synovial fluid: demonstration and possible osmotic explanation. Federat. Proceed. Lubric. Biomech. Y.25,1966, p. 1061-1068
17. Василенкайтис В.В. Искусственная синовиальная жидкость для суставов. Ортопед, травматол., №10, 1989, с. 11-15
18. Ермаков С.Ф. Биомеханика синовиальной среды суставов. 1. Современные концепции трения изнашивания и смазки суставов. Трение и износ, т.14, № 6,1993, с. 1092- НЮ.
19. Купчинов Б.И. Трибологические аспекты функционирования суставов. Трение и износ, т. 10, №6, 1989, с. 1013-1018
20. Unsworth A., Dowson D., Wright V. Some new evidence on human joint lubrication. Ann. Rheum. Dis., V.34,1975, p. 277-281
21. Walker P.S., Dowson D., Longfield M.D. et al. Boosted lubrication in synovial joint by fluid entrapment and enrichment. Ann. Rheum. Dis., V.27, 1968, p. 512-520
22. Unsworth A., Dowson D., Wright V. The frictional behavior of human synovial joint. Part 1. Natural joints. Trans. ASME, V.F97, №3, 1975, p. 369-376
23. Chamley J. How our joints are lubricate. Triangle, V4,1960, p. 175
24. Walker P.S., Sikorski J., Dowson D. et al. Behavior ofsynovial fluid on surfaces of articular cartilage : A scanning electron microscope study. Ann. Rheum. Dis., V. 28, №11969, p. 1-14.
25. Walker P.S., Unsworth A., Dowson D. et al. Mode of aggregation of hyaluronic acid protein complex on the surface of articular cartilage. Ann. Rheum. Dis., V. 29, 1970, p. 591-602.
26. Walker P.S., Gold B.L. Comparison of the bearing performance of normal and artificial human joints. Trans ASME, V. F95, №3, 1973, p. 333-341.
27. Radin E.L., Paul J. A consolidated concept of joint lubrication. J. Bone Joint Surg. V. 54A, 1972, p. 607
28. Radin E.L., Swann D.A., Weisser P.A. Separation of a hyaluronate-free lubricating fraction from synovial fluid. Nature, V. 228, 1970, p. 377
29. Wright V., Dowson D. Lubrication and cartilage. J. Anat., V. 121,1976, p. 107
30. Unsworth A., Dowson D., Wright V., Koshal D. The frictional behavior of human synovial joints. 2. Artificial joints // Trans ASME. V. F97, №3, 1975, p. 377-382
31. Павлова M.H., Куманин Б.Н. Ультраструктура трущихся поверхностей в суставе. Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. №8, 1983, с. 38-42
32. Chikama Н. The role of the protein and the hualuronic acid in the synovial fluid in animal joint lubrication. J. Jpn. Orthop. Ass. V. 59, №5, 1985, p. 559-572
33. Swann D.A. Macromolecules of synovial fluid // The joints and synovial fluid. Ed. I.. Sokoloff. - New York, 1978, p. 374
34. Swann D.A., Radin E.L., Nazimiec M. et al. Role ofhyaluronic acid in Joint lubrication. Ann. Rheum. Dis. V. 33, 1974, p. 318-328
35. Swann D.A., Hendren R.B., Radin E.L. The lubricating activity of synovial fluid glycoproteins. Arthritis Rheum. V. 24, 1981, p. 22
36. Белоенко E. Д., Ермаков С.Ф. О взаимосвязи деформационных и антифрикционных свойств хряща и искусственных синовиальных жидкостей (ИСЖ), содержащих жидкокристаллические соединения холестерина (ЖКСХ). Молекулярно­клеточные основы функционирования биосистем: Материалы II съезда Белорусского общества фотобиологов и биофизиков. Мн., 1996, с. 148
37. Белоенко Е.Д.. Гончарова Н.В., Ермаков С.Ф. и др. О путях внутрисуставного транспорта эфиров холестерина. Ортопед, травма-гол. - 3989. - №8, - С. 24-27
38. Белый В.А., Купчинов Б.И., Родненков В.Г. и др. Исследование смазочной способности синовиальной жидкости. Трение и износ, т. 5, №6, 1984, с. 983-987.
39. Купчинов Б.И., Ермаков С.Ф., Родненков В.Г. и др. Биологическая роль структурно-деформационных свойств хряща и синовиальной жидкости в снижении внутрисуставного трения. Ортопед, травматол., №10, 1989, с. 7-11
40. Белоенко Е.Д., Ермаков С.Ф., Эйсмонт О.Л. Искуственные синовиальные жидкости на основе жидкокристалличесчких соединений и их свойства. Материалы VI съезда травматологов-ортопедов, Витебск, 1996, с. 48-50
41. Ermakov S., Beloyenko E.D., Kupchinov В.I. The effect of liquid crystalline compounds on structure of rubbing joint cartilages. Abstr. 6th Eur. Conf. On Applications of Surface and Interface Analysis, 1995, BI-23
42. Купчинов Б.И., Ермаков С.Ф., Белоенко Е.Д. Биотрибология синовиальных суставов. Минск, 1997, 271 с.
43. Brand R. Joint lubrication. Ch. 13. The Scientific Basis of Orthopaedics.- Second edition.- 1987.-p. 373-386.
44. Clarke I.C., Contini R., Kenedi R.M. Friction and wear studies of articular cartilage: a scanning electron microscope study // Trans. ASME.-1975.-V. F97, №3.-p. 358-368.
45. Little Т., Freeman M.A.R., Swanson S.A.V.Experiments of friction in the human hip joint // Lubrication and Wear.-1969.-p. 110-114.
46. Redler I. A scanning electron microscop study of human normal and osteoarthritic articular cartilage // Clin. Ortop.- 1974.- V. 103.- p.262.
47. Unsworth a. atal. Soft layer lubrications of artificial Hip joints. Inst. Mech. Eng., 1987, p. 219. (Доклад на международной конференции в Софии, 1987)
48. Дедух Н.В., Запанец И.А., Черных В.Ф., Дрогово С.Н "Остеоартрозы, пути фармакологической коррекции. - Харьков, изд-во "Основа" при Харьковском Университете, 1992, с.10.
49. Гаврюшенко Н.С.,Загородний Н.В. Способ лечения деформирующего артроза коленного сустава, заявка №94008728/14 (007801) ,решение о выдаче патента РФ от 27. 02. 96 г. с приоритетом от 09.03. 94 г.)
50. Semlitsch М. Wear Behavior of different total hip replacements. X конгресс Ассоциации Югославских ортопедов и травматологов, Загреб, 6-9 июня 1990 г., с. 25.. 1. Сиваш К.М. Аллопластика тазобедренного сустава. Медицина, М., 1967, 196 с.
51. Plitz W., Hoss Н. Wear of aluminaceramic hip joints. Biomaterials, John Wiley and Sons Ltd, 1982, 187-196.
52. Bokros J.C., Akins R.J., Shim H.S., Haubold A.O. Agerwal N.K., (1977) Chemtech.

1,40.

1. Bowden F. P., Tabor D. (1964) The friction and lubrication of Solids II, Oxford University Press.
2. Briickmann H., Hiittinger K. J. (1980) Biomaterials, Vol 1, 73 - 81.
3. .Hinterberger IM., Ungethiim N. (1978) Z. Orthopadie, 116.49.
4. Midgley J. W„ TeerD. G. (1963) Transact, of ASME. 12, 488.
5. Savage R. H., Schafer D. L. (1956) Journal of Appl. Phys. 27, 136.
6. Timoshenko S. (1934) Theory of Elasticity, Mc.-Graw-Hill, New York.
7. Weber U. (1980) Thesis submitted for the certificate of habilitation, University GieBen.
8. Huttinger K, Maurer. Tribological properties of carbon materiale in artificial joints. Biomaterials, 1982, 177-187.
9. Hinterberger J., Ungethum M. (1978) Untersuchungen zur Tribologie und Festigkeit vin Aluminiumoxidkeramik-Huftendoprothesen. Z. Orthop. 116,294-303.
10. Willert H.G., Semlitsch М., Buchhorn G., Kriete U. (1978) Materialverschleiss und Gewebereaktion bei kunstlichen Gelenken. (Histopathologie, Biokompatibilitat, biologische und klinische probleme). Orthopade, 7, 62-83.
11. Willert H.G., Semlitsch M. (1976). Tissue reactions to plastic and metallic wear products of joint endoprostheses. In: Total hip prosthesis. (Eds. Gschwend & Debrunner). Hans Huber Publishers, Bern, Stuttgart, Vienna.
12. Paul J.P. Forces transmitted by joints in the Human body., Proc. Instn. Mech. Engrs. 181 (3J), 8.
13. Grenwfld A., О Connor J. The transmission of Load Through the Human Hip Joint, J. Biomechanics, 4, p. 507-528.
14. Bergmann G., Graichen F., Rohlmann A. Messung der Huftgelenkbelastung und ihre Bedeutung fur die Fixation von Endoprothesen. Simposium Biomechanica 91, Hamburg, 1991.
15. Walker P., Hajek J., The load Bearing Area in the Knee Joint., J. Biomechanics, 5, p.

581.

1. Khvesyuk V.I.. Tsygankov P.A., Gavrioushenko N.S.at al. Effect of the dose and the kind species of the implanted atom on the wetting characteristic of the titanium alloy surface. Journal of the Vcuum Society of Japan. - 1995. - V.38. -p.212.
2. Цыганков П А. Исследования физических процессов в высоковольтном газовом разряде низкого давления и разработка метода трехмерной ионной имплантации. Автороферат диссертации к.т.н., М.- 1996.
3. Ионная имплантация. Под ред. Дж.К.Хирвонена.: Пер. с анг.: М.: Металлургия,
4. 392.
5. Мишанов А.В., Хвесюк В.И., Цыганков П.А. Исследования высоковольтного объемного разряда в газе. Письма в ЖТФ. т.18, вып.8. стр.21.
6. Shamim М.М., Conrad J.R. et. al. Measurement of electron emission due to energetic ion bombardment. J. Appl. Phys. 70. 9. 1991. p. 4756.
7. Shamim M.M., Conrad J.R. et. al. Measurement of electron emission due to energetic ion bombardment. J. Appl. Phys. 70. 9. 1991. p. 4756.
8. Мовшович И.А., Гаврюшенко H.C., Холодаев М.Ю. Эндопротез тазобедренного сустава. Патент РФ №1398856 Б.и.№20, 30.05.88 г.
9. Талалаев В.Д., Колачев Б.А., Полоскин Ю.Д. и др. Повышение эффективности механической обработки титановых сплавов обратимым легированием водородом//Авиационная промышленность. 1991. №12, с. 32-35.
10. Горынин И.В., Чечулин Б.Б. Титан в машиностроении.-М.: Машиностроение. 1990. 400с.
11. Ильин А.А., Мамонов А.М., Александрова А.В. Научные основы и принципы построения технологических процессов термоводородной обработки титановых сплавов// Металлы (РАН). 1994.№4.С. 157-168.

Человек. Медико-биологические данные. Доклад рабочей группы комитета II МКРЗ по условному человеку. М. «Медицина», 1977,496 с