

ISSN 2220-6418

Министерство образования и науки РФ
Правительство Пензенской области
Российский фонд фундаментальных исследований
Академия информатизации образования
Академия проблем качества РФ
Российская академия космонавтики имени К. Э. Циолковского
Российская инженерная академия
ФИЦ ИУ РАН (Вычислительный центр РАН имени А. А. Дородницына)
Институт испытаний и сертификации ВВТ
АО «УПКБ ДЕТАЛЬ», АО «РУБИН», АО «НИИФИ», АО «ПНИЭИ»
ОАО «НИИЭМП», ФГУП ФНПЦ «ПО «СТАРТ» имени М. В. Проценко»
АО «ППО ЭЛЕКТРОПРИБОР», АО «РАДИОЗАВОД»
Пензенский филиал ФГУП НТЦ «АТЛАС», ОАО «ТЕХПРОММАШ»
Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева
Сургутский институт мировой экономики и бизнеса «ПЛАНЕТА»
Пензенский государственный университет



ТРУДЫ
МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА
НАДЕЖНОСТЬ И КАЧЕСТВО

Том 2

ПЕНЗА 2017

Представлены доклады XXII Международного симпозиума «Надежность и качество», проходившего с 22 по 31 мая 2017 г. в г. Пензе.

Рассмотрены актуальные проблемы теории и практики повышения надежности и качества; эффективности внедрения инновационных и информационных технологий в фундаментальных научных и прикладных исследованиях, образовательных и коммуникативных системах и средах, экономике и юриспруденции; методов и средств анализа и прогнозирования показателей надежности и качества приборов, устройств и систем, а также анализа непараметрических моделей и оценки остаточного ресурса изделий двойного назначения; ресурсосбережения; проектирования интеллектуальных экспертных и диагностических систем; систем управления и связи; интерактивных, телекоммуникационных сетей и сервисных систем; экологического мониторинга и контроля состояния окружающей среды и биологических объектов; исследования физико-технологических процессов в науке, технике и технологиях для повышения качества выпускаемых изделий радиопромышленности, приборостроения, аэрокосмического и топливно-энергетического комплексов, электроники и вычислительной техники и др.

УДК 621.396.6:621.315.616.97:658:562



Работа поддержана РФФИ (проект № 17-08-20012)

Оргкомитет благодарит за поддержку в организации и проведении Международного симпозиума и издании настоящих трудов Министерство образования и науки РФ, Правительство Пензенской области, Российский фонд фундаментальных исследований, Академию проблем качества РФ, Российскую академию космонавтики им. К. Э. Циолковского, Академию инженерную академию, Академию информатизации образования, ФИЦ ИУ РАН (Вычислительный центр РАН им. А. А. Дородницына), Институт испытаний и сертификации ВВТ, АО «УПКБ ДЕТАЛЬ», АО «НИИФИ», АО «ПНИЭИ», АО «РУБИН», АО «РАДИОЗАВОД», АО «ППО «ЭЛЕКТРОПРИБОР»», ФГУП «ПО «СТАРТ» им. М. В. Проценко», НИКИРЭТ – филиал ФГУП «ПО «СТАРТ» им. М. В. Проценко», Пензенский филиал ФГУП НТЦ «АТЛАС», ОАО «ТЕХПРОММАШ», Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Сургутский институт мировой экономики и бизнеса «ПЛАНЕТА», Пензенский государственный университет.

Журнал зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) с 2005 г.

Редакционная коллегия:

*Юрков Н. К. – главный редактор;
Трусов В. А. – ответственный секретарь;
Баннов В. Я. – ученый секретарь;
Гуляков А. Д., Майстер В. А., Северцев Н. А., Сыдыков Е. Б., Абрамов О. В., Авакян А. А.,
Артамонов Д. В., Артемов И. И., Безродный Б. Ф., Бецов А. В., Дивеев А. И., Иофин А. А.,
Кашистанов В. А., Кемалов Б. К., Острейковский В. А., Петров Б. М., Пиганов М. Н., Писарев В. Н.,
Роберт И. В., Романенко Ю. А., Савченко В. П., Садыков С. С., Садыхов Г. С., Увайсов С. У.,
Халютин С. П., Шайко-Шайковский А. Г., Шахнов В. А., Якимов А. Н.*

© Оргкомитет симпозиума, 2017
© Пензенский государственный университет, 2017

необходимого числа измерений при поверках производится в ИАС графо-аналитическим методом, при этом дополнительно производится ввод в базу данных разрешающей способности используемого при поверках измерительного прибора. Результаты проведенных расчетов после этого выводятся в окно отображения практических рекомендаций по эксплуатации.

На заключительном этапе функционирования ИАС предусмотрен расчет показателей качества проведенного прогнозирования МН-эффективности и достоверности.

Критерий эффективности рассчитывается в соответствии с соотношением:

$$K_{\text{Э}} = \frac{D_{T_2}(S)}{D_{T_1}(S)}, \quad (2)$$

где $D_{T_1}(S) = \{t_0, t_1, \dots, t_k, S(t_0), S(t_1), \dots, S(t_k)\}$ – исходное и $D_{T_2}(S) = \{t_{k+1}, t_{k+2}, \dots, t_{k+m}, S(t_{k+1}), S(t_{k+2}), \dots, S(t_{k+m})\}$ – полученное в результате прогнозирования множества данных, $S(t_1), \dots, S(t_{k+m})$ – величины исследуемой МХ ИИС НК ТФС в различных временных сечениях $t_0, t_1, \dots, t_k, t_{k+m}$.

В ИАС для определения названного показателя качества прогнозирования заложены необходимые расчетные соотношения, позволяющие получать величину критерия эффективности с учетом принятого вида математической модели изменения во времени метрологической характеристики. Также в ИАС заложены расчетные алгоритмы, позволяющие определить критерий достоверности проведенного прогнозирования метрологической надежности, на основании разработанных ранее подходов к оценке этого показателя [5], который также определяется с учетом проведенной ранее процедуры математического моделирования метрологической характеристики.

Пользователь проводит ввод экспертных оценок доверия к ММ временного изменения МХ исследуемого ЭИС. Далее пользователем вводятся меры доверия к модели изменения во времени МХ ЭИС. ИАС проводит расчет показателей достоверности по следующей формуле (3):

$$R = \frac{\sum_{x \cap y = z} R_{1,2} \cdot \dots \cdot R_n}{1 - \sum_{x \cap y = \emptyset} R_{1,2} \cdot \dots \cdot R_n}, \quad (3),$$

где R_n – мера доверия к рассматриваемой математической модели изменения во времени МХ в конечной n -ой точке контроля области эксплуатации.

Таким образом, разработанная ИАС позволяет решить комплекс задач, возникающих при оценке метрологической надежности проектируемого ЭИС, включая построение адекватного математического описания исследуемой метрологической характеристики, расчет требуемых показателей метрологической надежности, определение рекомендаций по метрологическому обслуживанию ЭИС и оценку качества проведенного проектирования прогнозирования метрологической надежности проектируемого ЭИС.

Проверка функционирования разработанной ИАС была проведена при проектировании информационно-измерительной системы неразрушающего контроля теплофизических свойств строительных материалов в научной лаборатории кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» Тамбовского государственного технического университета. Такие информационно-измерительные системы отличаются алгоритмической и структурной сложностью, ответственностью выполняемых функций, что делает актуальным решение задачи оценки их метрологической надежности.

Полученные с применением информационно-аналитической системы результаты показали, что основные теоретические положения, реализованные в информационно-аналитической системе пригоны для оперативного принятия решений по оценке метрологической надежности в сравнении с традиционными методами прогнозирования ее показателей, позволяет повысить оперативность принятия решений более чем в 20 раз, что определяет эффективность применения такого подхода к оценке метрологической надежности электронных измерительных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мищенко С.В. Метрологическая надежность измерительных средств / Мищенко С.В., Цветков Э.И., Чернышова Т.И., – М.: Машиностроение-1, 2001. 96 с.
2. Герасимов О.Н. Методика оценки качества демпферирования проектируемой системы пассивной амортизации бортовых электронных средств / Герасимов О.Н., Лысенко А.В., Юрков Н.К. // Труды международного симпозиума надежность и качество. – Изд-во Пензенский государственный университет 2016г. С 91-93
3. Григорьев А.В. Структура методики анализа следа вибрационного размытия изображения круглой метки // Григорьев А.В., Юрков Н.К., Трусов В.А., Баннов В.Я. // Труды международного симпозиума надежность и качество. – Изд-во Пензенский государственный университет 2016г. С 28-31
4. Чернышова, Т.И. Математическое моделирование электронных измерительных средств при оценке их метрологической надежности / Т.И. Чернышова, М.А. Каменская // Вестник ТГТУ, № 4, 2010. С. 770-775.
5. Чернышова, Т.И. Оценка достоверности прогнозирования метрологической надежности электронных измерительных средств / Т.И. Чернышова, М.А. Каменская // Вестник ТГТУ. 2012. Т. 18. № 3. С. 532-537.

УДК 616.71-001.5-089.84:004.04

Шайко-Шайковский¹ А.Г., Дудко² А.Г., Билык² Г.А., Бурсук³ Ю.Е., Кваснюк² И.Д.

¹Черновицкий национальный университет им. Юрия Федьковича, Черновцы, Украина

²Буковинский государственный медицинский университет, Черновцы, Украина

³Областная клиническая больница Черновицкой обл., Черновцы, Украина

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПУТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ БЕДРЕННЫХ КОСТЕЙ

Рассмотрены пути и возможности их реализации для биомеханического исследования напряженно-деформированного состояния моделей бедренной кости, изготовленных из древесины. Предложены переводные коэффициенты, использование которых даёт возможность на основании полученных результатов при испытании деревянных образцов переходить к достоверным значениям, полученным ранее на натуральных препаратах. Предложенная методика моделирования даёт возможность получать экспериментальные результаты напряженно-деформированного состояния для всех простых и сложных видов деформаций

Ключевые слова:

моделирование, напряженно-деформированное состояние, препараты длинных костей

Введение. Исследования натуральных препаратов костей в наше время затруднено в силу целого ряда юридических ограничений и условий, которые трудно преодолить в сжатые сроки, что делает

практически невозможной работу с натуральными препаратами. Вследствие этого – испытания костных препаратов, синтезированных новыми, усовершенствованными фиксирующими системами становится

практически невозможным. В наше время параллельно с разработкой и появлением новых конструкционных материалов, новых биотехнических конструкций и систем, хирургического инструментария возникает необходимость экспериментальных исследований, биомеханического обоснования таких конструкций, с помощью которых можно было бы удовлетворять всем современным требованиям стабильного костного и интрамедуллярного остеосинтеза. С этой целью ученые и исследователи пытаются найти возможные пути получения достоверной информации о поведении биотехнической системы «кость-фиксатор» в условиях комплекса простых и сложных видов деформаций. Для этого – необходимы модели, которые позволили бы заменить натурные костные препараты. Одним из таких возможных альтернативных заменителей являются препараты, изготовленные из древесины, которые наиболее полно имитируют соответствующие параметры кортикального вещества кости.

Из всех пород древесины, наиболее полно соответствует необходимым требованиям древесная порода ясеня, которая имеет вязкость и упругие свойства, наиболее близкие к соответствующим характеристикам компактного вещества костной ткани.

Материалы и методы. В работе представлены результаты исследований, которые позволяют сравнить экспериментальные данные с теми, что были получены ранее на препаратах натуральных костей, взятых при аутопсии у пострадавших, погибших внезапной смертью. Поскольку наиболее важной и распространенной при оценке эффективности любого фиксатора является деформация изгиба, то в работе представлены результаты экспериментальных исследований препаратов бедренных и большеберцовых костей, изготовленный из древесины ясеня при деформациях изгиба во фронтальной и сагитальной плоскостях. Аналогичные экспериментальные исследования проведены также для всех простых видов деформаций (растяжение-сжатие, кручение, чистый и поперечный изгиб). Полученные результаты могут на основании принципа независимости действия сил быть перенесены на любой из сложных видов деформаций. Экспериментальные исследования проводились по унифицированной методике, которая позволяет сравнивать теоретические и экспериментальные результаты, полученные для препаратов разных размеров, для различных видов деформаций.

Измерения проводились с 20-ю моделями бедренных и большеберцовых костей, изготовленных в масштабе 1:1 по среднестатистическим размерам указанных костей, полученных по справочной литературе по биомеханике и травматологии [1,3]. Методика исследований реализовывалась следующим образом. Модель кости фиксировалась в тисках проксимальным концом препарата. Подвес для грузиков – цеплялся на дистальном конце кости, где устанавливались два индикатора часового типа в двух взаимно – перпендикулярных плоскостях: горизонтальной и вертикальной. Нагрузка прикладывалась ступенчато от 1 до 4 кг (10-40 Н). Нагрузка всегда прикладывалась на одинаковом расстоянии от места защемления препарата. Измерения осуществлялись в 2-х взаимно-перпендикулярных плоскостях (дорсо-вентральной, вентро-дорсальной, латеро-медиальной, медио-латеральной). При этом в горизонтальной плоскости также возникала деформация, которая составляла незначительную часть от основной, вертикальной. Нагружение осуществлялось до момента, когда начинали возникать остаточные деформации, при которых переставал выполняться закон Гука.

Исследования показали, что изгиб одновременно возникал в двух плоскостях: вертикальной и горизонтальной, что свидетельствует о том, что деформация была не плоской: позникало явление косоугольного изгиба. Это поясняется формой самого препарата, а также – изменением его сечения по длине. На рис.1 представлена графическая зави-

симость величин прогибов натуральных препаратов кости и деревянных моделей в зависимости от изменяющейся нагрузки в дорсо-вентральной плоскости.

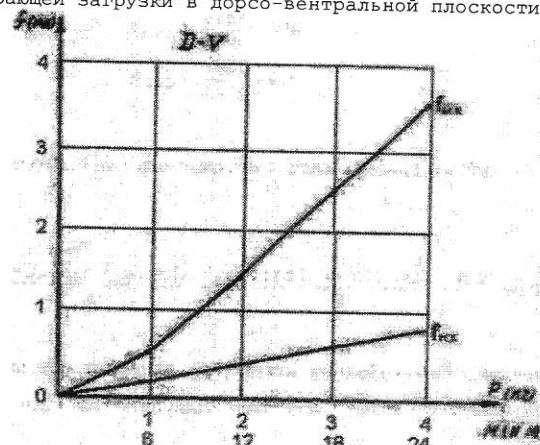


Рисунок 1 – Графическая зависимость деформации изгиба от величины нагрузки в дорсо-вентральной плоскости модели кости (f_{мк}) и препаратов натурной бедренной кости (f_{нк})

После статистической обработки полученных экспериментальных данных и сопоставления их с результатами измерений полученных ранене на натуральных образцах [5,7] можно получить коэффициенты, позволяющие получать реальные величины деформативности натуральных препаратов, используя экспериментальный материал, полученный на деревянных моделях.

Так, для изгиба в дорсо-вентральной плоскости этот коэффициент составляет $f = 4,419$ (для нагрузки в 1 кг), для нагрузки в 2 кг эта величина составляет $f = 3,74$; для нагрузки в 3 кг – соответственно $f = 3,78$; для нагрузки в 4 кг $f = 4,18$. После нахождения среднего значения можно с достаточной достоверностью прогнозировать поведение натуральных препаратов в соответствующих условиях и нагрузках.

Среднее значение коэффициента для рассмотренной плоскости $f_{ср} = 3,953$.

Аналогичные результаты были получены для вентро-дорсальной плоскости. На рис.2 представлены графические зависимости прогибов моделей и натуральных препаратов в зависимости от величин изменяющихся нагрузок.

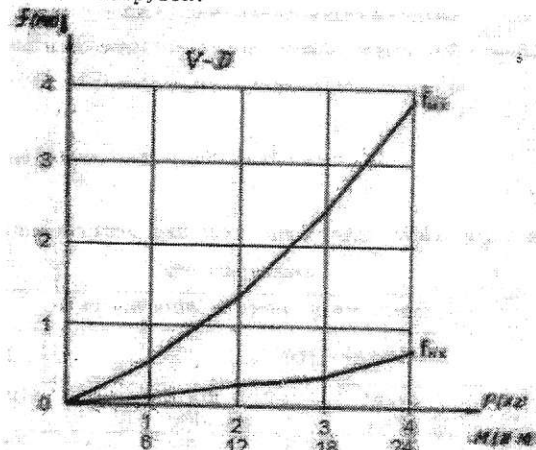


Рисунок 2 – Графическая зависимость прогибов от величины внешней нагрузки в вентро-дорсальной плоскости моделей (f_{мк}) и препаратов натуральных костей (f_{нк})

Среднее значение коэффициента $f_{ср} = 5,443$.

На рис.3 представлены графические зависимости прогибов деревянных моделей и натуральных препаратов при изгибе в латеро-медиальной плоскости.

Для латеро-медиальной плоскости значение передового коэффициента получено $f_{ср} = 4,1$.

На рис. 4 представлены графические зависимости, возникающие в медио-латеральной плоскости

между изгибающими нагрузками и величинами соответствующих прогибов для моделей и натуральных препаратов.

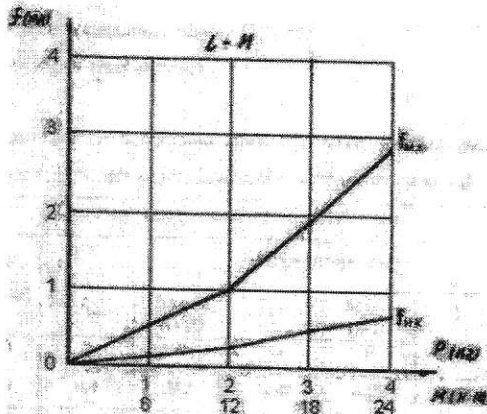


Рисунок 3 – Графические зависимости прогибов моделей и препаратов бедренной кости в латеро-медиальной плоскости

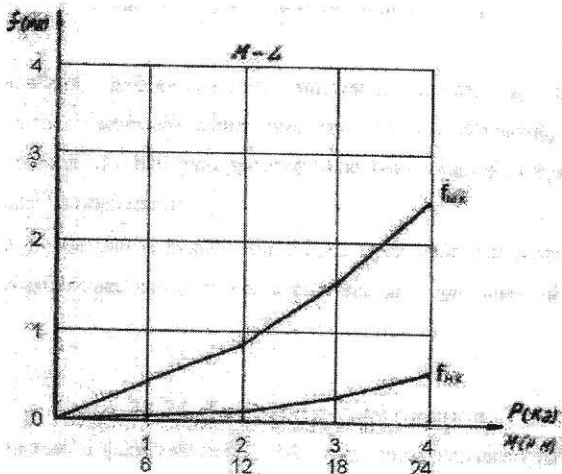


Рисунок 4 – Прогиб в медио-латеральной плоскости модели кости ($f_m к$) и препаратов натурной кости ($f_n к$)

Значение среднего коэффициента для деформации в указанной плоскости $f_{cp} = 5,18$.

Аналогично были определены соответствующие значения переводных коэффициентов для большеберцовой кости. Переводной коэффициент для дорсо-вентральной плоскости после статистической обработки экспериментальных данных: $f_{cp} = 1,098$.

Переводной коэффициент для дорсо-вентральной плоскости $f_{cp} = 1,05$.

Переводной коэффициент для латеро-медиальной плоскости $f_{cp} = 1,1955$.

Переводной коэффициент для медио-латеральной плоскости $f_{cp} = 1,25$.

Полученные таким образом значения коэффициентов для каждой плоскости для бедренной и большеберцовой кости позволяют в дальнейшем проводить измерения деформаций, например, изгиба, используя для испытаний не натурные препараты, а их деревянные модели и пересчитывать полученные результаты на натурные образцы. Это является важным и актуальным для оценки эффективности новых и усовершенствованных конструкций остеосинтеза.

В результате проведенных исследований для деформации изгиба видно, что между результатами исследования моделей из древесины и натурными препаратами костей возникает некоторая разница. Это, возможно, можно пояснить тем, что модель кости из древесины была без внутренней полости, сплошная. При этом – модель кости из древесины выдерживала такие самые нагрузки, как и натуральные препараты в области упругих деформаций, где соблюдался закон Гука. Показано, что в результате экспериментальных исследований, во время которых в общей сложности было проведено и статистически обработано более 800 измерений, можно для оценки эффективности фиксирующих конструкций использовать не самим натурные препараты костей, а их модели, которые заранее испытаны и могут быть своеобразным мерилем деформативности биотехнической системы «кость-фиксатор».

Выводы.

1. Разработана методика экспериментальных исследований образцов из древесины для оценки деформативности моделей бедренных и большеберцовых костей.

2. Проведена оценка величины деформаций изготовленных моделей большеберцовой и бедренной костей при изгибе во всех главных плоскостях: дорсо-вентральной, вентро-дорсальной, латеро-медиальной, медио-латеральной.

3. Получены коэффициенты, которые позволяют установить соотношения между величинами прогибов моделей из древесины и натурными образцами костей.

4. Проведено обобщение полученных результатов экспериментальных исследований, которое позволяет использовать полученные результаты с помощью проведенного моделирования для оценки эффективности новых фиксаторов и фиксирующих систем на натуральных препаратах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бегун П.И. Биомеханика / П.И.Бегун, Ю.А.Шукейло: Учебник для вузов.- СПб.: Политехника, 2000.- 463 с.
2. Билык С.В. Экспериментальное определение усилия крепления на костных фиксаторов при остеосинтезе переломов трубчатых костей разного уровня локализации/ С.В. Билык, К.В.Гуцуляк, И.М. Рубленик, А.Г. Шайко-Шайковский// Матер. Междунар.симпоз. «Надежность и качество» Пенза. Россия,- 2003.- С.478.
3. Дубровский В.И. Биомеханика: Учебное пособие для средних и высших учебных заведений/ В.И. Дубровский, В.Н. Фёдорова, - М.-2003.-642 с.
4. Кирилук С.В. Биомеханическое обоснование и использование математического моделирования в повышении надёжности и качества остеосинтеза/ С.В. Кирилук, Д.И. Якимюк, Е.В. Стеблина, А.Т. Зинченко, А.Г. Шайко-Шайковский// Матер. Междунар. Симпоз. «Надежность и качество»- 2007.- Пенза,- с.142.
5. Матушак А.И. Математическое моделирование и биомеханическое обоснование остеосинтеза переломов проксимальной части лучевой кости при деформации изгиба/ А.И. Матушак, Падинич Ю.М., Е.В. Стеблина, А.Т.Зинченко, А.Г. Шайко-Шайковский// Матер. Междунар. Симпоз. «Надежность и качество»- 2007.- Пенза,- с.147-148..
6. Рубленик И.М. Экспериментальное определение усилия крепления на костных фиксаторов при остеосинтезе переломов трубчатых костей разного уровня локализации / И.М. Рубленик, С.В. Билык, А.Г. Шайко-Шайковский К.В. Гуцуляк// Матер. Междунар симпозиума «Надежность и качество»-Россия. Пенза,- 2003.-с.389-392.
7. Шайко-Шайковский А.Г. Методика сравнительной биомеханической оценки стабильности остеосинтеза поперечных диафизарных переломов бедренных костей с помощью различных интрамедуллярных и на костных конструкций /А.Г. Шайко-Шайковский, И.С. Олексюк, Е.И. Бурсук, А.Ю. Азархов, Е.Н. Сорочан, Т.В. Пастухова//Матер. Междунар. Симпозиума «Надежность и качество-2016», - Пенза, Россия,- 2016, т.2.- с. 269-271.