

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
НИИ МЕХАНИКИ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

---

**МАТЕРИАЛЫ XXX МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА  
«ДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
МЕХАНИКИ КОНСТРУКЦИЙ И СПЛОШНЫХ СРЕД»  
имени А.Г. Горшкова**

Кремёнки, 20 – 24 мая 2024 г.

Том 1

**XXX INTERNATIONAL SYMPOSIUM «DYNAMIC  
AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF A MECHANICS  
OF CONSTRUCTIONS AND CONTINUOUS MEDIUMS»  
Dedicated to A.G. Gorshkov**

Kremyonki, 20 – 24 May 2024

Vol. 1

Москва 2024

---

© Материалы XXX Международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» им. А.Г. Горшкова. Т.1. – М.: ООО "ТРИП", 2024. –230 с.

**Организационный комитет:**

Бугаев Н.М., председатель оргкомитета,  
зав. лабораторией, МАИ

Вахтерова Я.А., доцент, МАИ

Зверев Н.А., ассистент, МАИ

Оконечников А.С., доцент, МАИ

Федотенков Г.В., профессор, МАИ

**Программный комитет:**

Тарлаковский Д.В. (председатель), д.ф.-м.н., проф., действительный член РАЕН (Россия)

Земсков А.В. (зам. председателя), д.ф.-м.н., доц., действительный член РАЕН (Россия)

Федотенков Г.В. (уч. секретарь), д.ф.-м.н., доц., действительный член РАЕН (Россия)

Бабешко В.А., академик РАН (Россия)

Баженов В.Г., д.ф.-м.н., проф. (Россия)

Вестяк В.А., д.ф.-м.н., доц. (Россия)

Гаврюшин С.С., д.т.н., проф. (Россия)

Георгиевский Д.В., д.ф.-м.н., проф. (Россия)

Горячева И.Г., академик РАН (Россия)

Ерофеев В.И., д.ф.-м.н., проф. (Россия)

Зинин А.В., к.т.н., доц. (Россия)

Игумнов Л.А., д.ф.-м.н., проф., действительный член РАЕН (Россия)

Келлер И.Э., д.ф.-м.н., проф. (Россия)

Коноплев Ю.Г., академик АН Республики Татарстан (Россия)

Ломакин Е.В., член-корр. РАН (Россия)

Медведский А.Л., д.ф.-м.н., проф. РАН (Россия)

Морозов Н.Ф., академик РАН (Россия)

Окунев Ю.М., действительный член РАЕН (Россия)

Паймушин В.Н., академик АН Республики Татарстан (Россия)

Плескачевский Ю.М., член-корр. НАН Белоруссии (республика Беларусь)

Пшеничников С.Г., д.ф.-м.н., с.н.с. (Россия)

Рабинский Л.Н., д.ф.-м.н., проф., член-корр. РАЕН (Россия)

Равикович Ю.А. д.т.н., проф., проректор МАИ (Россия)

Саркисян С.О., д.ф.-м.н., проф., член-корр. НАН Армении (Армения)

Старовойтов Э.И., д.ф.-м.н., проф., иностранный член РАЕН (республика Беларусь)

Сыпало К.И., член-корр. РАН (Россия)

Yu Gu, PhD, Professor, Beijing Jiaotong University, иностранный член РАЕН (Китай)

ISBN 978-5-6050801-3-8

© Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2024

татов. Инженерный журнал: наука и инновации. 2016;12:1-18. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2016-12-1569>.

5. *Poliakova T., Gavriushin S., Arutyunov S.* Virtual Simulation of the Surgery of Installing Transitional Implant Dentures for the Two-Stage Dental Implant Osteointegration Period. In: Hu Z., Wang B., Petoukhov S., He M. (eds) *Advances in Artificial Systems for Power Engineering II. AIPPE 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies.* Springer, Cham. 2022;119:181–195. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-97064-2\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-97064-2_18).

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЗВОНОЧНИКОВ СОБАК НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

*Шарафутдинова К.Р.<sup>1</sup>, Хамзин Д.Э.<sup>1</sup>, Караман В.С.<sup>2</sup>, Салева Г.Т.<sup>3</sup>,  
Балтина Т.В.<sup>1</sup>, Герасимов О.В.<sup>1</sup>, Саченков О.А.<sup>4</sup>*

(<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, <sup>2</sup>Центр ветеринарной неврологии и нейрохирургии «Нейровет», <sup>3</sup>Казанский государственный медицинский университет, <sup>4</sup>Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева—КАИ, Казань)

Одной из актуальных задач биомеханики выступает оценка механических параметров опорно-двигательного аппарата человека [1]. В этом случае может быть проведено моделирование позвоночного столба, предполагающее рассмотрение двух фаз материала, соответствующих ткани позвонков и межпозвоночных дисков. Наиболее подходящими для проведения вычислительных и натуральных экспериментов выступают позвоночники собак, обладающих врождённой предрасположенностью к различным генетическим отклонениям [2]. Одним из серьёзных заболеваний в этом случае оказывается развитие дископатии, оценка риска возникновения которой определяет необходимость в расширении существующих методик. В рамках данной работы предлагается численный метод определения напряжённого состояния в межпозвоночных дисках, основанный на применении данных с сегментированных изображений при построении конечно-элементной модели [3]. Метод позволяет определять концентраторы напряжений в областях сочленения позвонков, а также проводить оценку жёсткости образцов исходя из поведения материала в условиях действия внешних сил. В качестве экспериментальных образцов рассматривались позвоночники собак трёх пород: две карликовых — Йоркширский терьер и Русский тойтерьер, и одна смешанная — Метис. В ходе работы было показано, что наибольшая ошибка вычислений соответствует конечным элементам на границе перехода двух фаз материала. Наибольшая интенсивность напряжений по Мизесу достигается в крайних областях сочленения позвонков, соответствующих креплению шейного отдела к каркасу головы и к грудному отделу. Общее напряжённое состояние показало, что

наибольшие значения интенсивности напряжений по Мизесу возникают в фасеточных суставах [4]. Оценка жёсткости позвоночных столбов установила, что наибольшие значения принадлежат образцу Метис (на 105.2 % больше относительно средней жёсткости для карликовых пород). Таким образом, применение представленного подхода к расчёту позвоночников животных показало качественное соответствие результатов физиологии объектов, а также позволило установить области, наиболее подверженные риску возникновения дегенеративных процессов в тканях межпозвоночных дисков у собак.

Исследование выполнено при финансовой поддержке, выделяемой Казанскому федеральному университету по государственному заданию в сфере научной деятельности, проект № FZSM-2023-0009.

#### *Литература*

1. *Kostenko E., Stonkus R., Šengau J., Maknickas A.* Empirical case report of the mechanical properties of three spayed canine lumbar vertebrae // *J. Biomed. Mater. Res. Part B Appl. Biomater.* – 2022. – Vol. 110(11). – P. 2521-2532.

2. *Хорошев Д.В., Ильялов О.Р., Устюжанцев Н.Е., Няшин Ю.И.* Биомеханическое моделирование межпозвоночного диска поясничного отдела человека – современное состояние проблемы // *Российский журнал биомеханики.* – 2019. – Т. 23(3). – С. 411-422.

3. *Герасимов О.В., Рахматулин Р.Р., Балтина Т.В., Саченков О.А.* Определение механических свойств костной ткани численно-цифровым методом на основе данных компьютерной томографии // *Российский журнал биомеханики.* – 2023. – Т. 27, № 3. – С. 53-66. DOI: 10.15593/RzhBiomech/2023.3.04

4. *Szkoda-Poliszuk K., Żak M., Załuski R., Pezowicz C.* Biomechanical Analysis of the Impact of Transverse Connectors of Pedicle-Screw-Based Fixation on Thoracolumbar Compression Fracture // *Appl. Sci.* – 2023. – Vol. 13. – 13048. DOI: 10.3390/app132413048

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЕКЦИИ ЗАКРЫЛКА ПРИ РАЗРУШЕНИИ ОДНОГО ВИНТОВОГО МЕХАНИЗМА В НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ**

*Говорун М.В.<sup>1</sup>, Дмитриев В.Г.<sup>2</sup>, Юнисов Р.Н.<sup>1</sup>*

(<sup>1</sup>ПАО «Авиационный комплекс им. С.В. Ильюшина»; <sup>2</sup>ФГБОУ ВО Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет, Москва)

В настоящей работе разрабатывается математическая модель, позволяющая методами вычислительного эксперимента в нелинейной постановке исследовать перемещения закрылка и определять критические (с точки зрения разрушения) элементы конструкции при разрушении одного из болтов крепления винтового