

Исследование механических характеристик материалов медицинского назначения

Учебно-методическое пособие

Часть I



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. Баумана

2 0 2 3

УДК 615.4
ББК 30.3
И87

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://bmstu.press/catalog/item/7980/>

Факультет «Биомедицинская техника»
Кафедра «Биомедицинские технические системы»

Авторы:

Г.В. Саврасов, Н.В. Беликов, И.В. Хайдукова, А.С. Борде

Рецензент

канд. техн. наук *С.В. Альков*

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебно-методического пособия*

Исследование механических характеристик материалов медицинского назначения : учебно-методическое пособие : в 2 ч. / [Г. В. Саврасов и др.]. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2023.

ISBN 978-5-7038-6099-1

Ч. 1 : 67, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-6057-1

Представлены методы исследования механических характеристик конструкционных и биологических материалов, предназначенных для изготовления изделий медицинского назначения. Основное внимание уделено экспериментальным методам испытания мягких биологических тканей, эластомеров, материалов для текстильных изделий и протезов кровеносных сосудов. Описаны необходимые оборудование для механических испытаний и техническая оснастка для подготовки образцов к испытаниям. Представлены методики обработки результатов испытаний.

Для студентов, обучающихся по специальностям «Биомедицинские технические системы» и «Медико-технические информационные технологии».

УДК 615.4
ББК 30.3



*Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте:
info@bmstu.press*

ISBN 978-5-7038-6057-1 (ч. 1)
ISBN 978-5-7038-6099-1

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023

Предисловие

Курс «Конструкционные и биоматериалы» предназначен главным образом для освоения студентами теоретических знаний в области биомедицинского материаловедения. Настоящее учебно-методическое пособие имеет целью привить будущим специалистам в области создания новых медицинских технических систем для хирургии, терапии и диагностики практические навыки применения программ и методов испытаний материалов медицинского назначения, ознакомить их с соответствующим оборудованием. В связи с этим пособие преимущественно посвящено экспериментальным методам исследования физико-механических свойств биологических материалов при различных видах нагружения, в том числе физико-механических свойств резины и каучука, текстильных материалов, материалов искусственных протезов кровеносных сосудов.

Учебно-методическое пособие призвано помочь студентам в подготовке и выполнении лабораторных работ по курсу «Конструкционные и биоматериалы». После теоретической части в описании каждой лабораторной работы приведены перечень требуемого оборудования и программного обеспечения, задания и порядок проведения испытаний. Требования к содержанию и оформлению отчета описаны в приложении.

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Цель: освоить методы и технические средства для механических испытаний конструкционных и биоматериалов.

Задача: изучить методы испытаний разных материалов и принципы структурного построения технических средств, предназначенных для испытания материалов различного происхождения.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В современной медицине для оценки состояния биологического объекта применяют разные методы получения и обработки информации, формирования информативных показателей и алгоритмов принятия решений. При этом всегда необходимо оценивать соответствие полученных количественных и качественных характеристик действительному состоянию объекта исследований. Важным является метрологическое обеспечение этих исследований, связанное с повышением точности и достоверности получаемых результатов измерений.

Сложность биологического объекта, несовершенство методов исследования и математического аппарата чаще всего не позволяют адекватно оценить особенности его состояния при разных условиях. Поэтому биологический объект необходимо характеризовать с более общих методологических позиций, для чего может быть использован системный подход.

При проведении биомеханических исследований используется большой арсенал методов и средств, предназначенных для изучения органических и неорганических материалов. Результаты измерения биомеханических показателей, отражающих состояние биологического объекта, представляются в численном или графическом виде.

Многообразие решаемых задач часто затрудняет проведение испытаний на лабораторном оборудовании и вынуждает исследователей разрабатывать специальные воздействующие и измерительные системы. А это, в свою очередь, приводит к неоднородности информации об одном и том же биологическом объекте по результатам исследований, полученным разными авторами.

Поэтому особое значение приобретают вопросы унификации биомеханических методик и эффективного использования стандартных измерительных и воздействующих систем, зарекомендовавших себя в других областях как универсальные и точные. Эффективность данных систем определяется тем, насколько точно будут согласованы биологические и технические звенья, обеспечена единая информационная среда, в которой происходит взаимодействие разнородных звеньев и соблюдается принцип адекватности при выборе средств воздействия.

На принципе системного подхода основан испытательный комплекс для биомеханических исследований, который благодаря универсальности регистрирующего блока системы обеспечивает методологическое единство при решении технологических задач медицины.

Три варианта структурного построения испытательного комплекса, предназначенного для изучения механического поведения биологического объекта на разных уровнях (органном, элементарном и т. п.) и при разных условиях нагружения, представлены на рис. 1.1.

Базовый вариант (рис. 1.1, а) позволяет проводить биомеханические исследования с применением традиционных методов механического испытания материалов. В смешанном варианте (рис. 1.1, б) биологический объект (БО) исследования одновременно испытывает механическое воздействие со стороны внутренней и внешней воздействующих систем, каждая из которых содержит в своем составе блоки воздействия (БВ) и управления (БУ). Функциональная связь при вспомогательном варианте (рис. 1.1, в) осуществляется автономной системой, состоящей из БУ и БВ, с обеспечением обратной связи по общей линии измерительной системы испытательного комплекса.

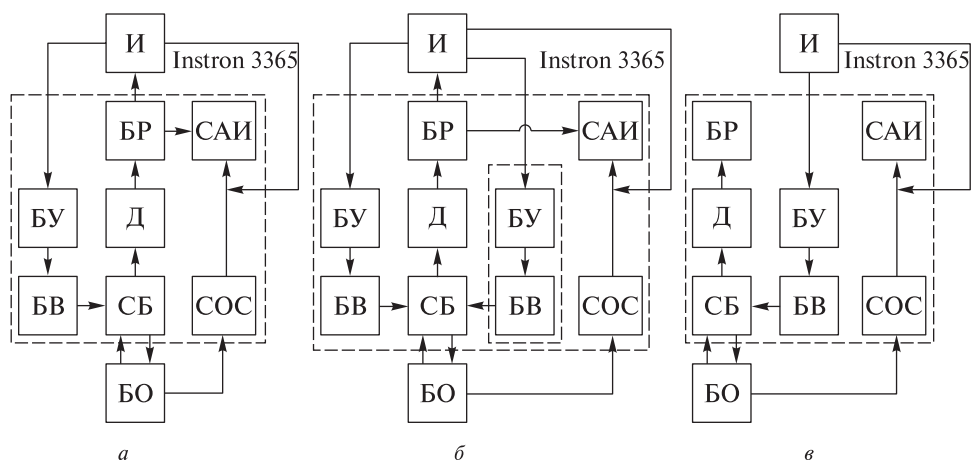


Рис. 1.1. Три варианта структурного построения испытательного комплекса:

а — базовый; б — смешанный; в — вспомогательный; БО — биообъект; БВ — блок воздействия; БУ — блок управления; И — исследователь; САИ — система анализа информации; СОС — система оптического слежения; БР — блок регистрации; Д — датчик нагрузки; СБ — согласующий блок

С системных позиций испытательный комплекс представляет собой биотехническую систему эргатического типа.

Наличие в системе исследователя (И) является необходимым условием ее нормального функционирования. Исследователь в структуре комплекса выполняет функцию управляющего звена опосредованного воздействия на БО. Через И замыкается обратная связь преобразования информации в случае отсутствия таковой между системой анализа информации (САИ), блоком регистрации (БР) и системой оптического слежения (СОС) за БО.

Основу испытательного комплекса составляет универсальная машина Instron 3365, обеспечивающая большие возможности при испытании по различным схемам нагружения. Для всех вариантов комплекса общим техническим звеном является высокочувствительная измерительная система с датчиком нагрузки (Д) и БР нагрузки, приложенной к БО. Блок регистрации (БР) состоит из электронного и записывающего устройств регистрации нагрузки. Записывающее устройство регистрирует изменения нагрузки в зависимости от положения траверсы или времени нагружения. Нагружение БО осуществляется блоком воздействия (БВ) непосредственно через согласующий блок (СБ). Режим воздействия задается блоком управления (БУ).

Важное функциональное назначение имеет СБ, находящийся в непосредственном взаимодействии с БО и обеспечивающий неразрывность связи в едином контуре управления испытательного комплекса. Конструктивное решение СБ зависит от целей, достигаемых при том или ином методе биомеханических испытаний. В базовом и смешанном вариантах комплекса используется как стандартная оснастка, входящая в состав машины Instron 3365, так и специальная, причем в смешанном варианте дополнительный СБ устанавливают не только со стороны внутренней воздействующей системы, но и со стороны внешней системы. Во вспомогательной структуре комплекса СБ обеспечивает связь с БО лишь со стороны внешней воздействующей системы.

Формально БО в данных условиях представляет собой депо анализируемых биомеханических параметров. Объект испытаний вне организма неизбежно претерпевает изменения, обусловленные изменением его физиологического состояния, нарушением физиологических связей с поддерживающими его состояние системами организма. В этой связи задачи биомеханики могут быть удовлетворительно решены лишь с позиций компромисса в отношении взаимосвязанных биологических и технических проблем. Значительную роль в обеспечении достижения данного компромисса играет этап подготовки БО к испытаниям, в ходе которого важное значение имеют условия хранения и изготовления образцов БО, а также оценка геометрических параметров образцов в исходном состоянии.

Подготовку к испытаниям проводят с применением специальных технических средств для вырезки образцов. Их изготавливают в форме сегмента органов или пластин из материала органов. Например, при изучении биомеханики кровеносных сосудов в зависимости от схемы нагружения и поставленных задач используют трубчатые или плоские образцы. Плоские образцы вырезают из стенки кровеносного сосуда шаблоном, профиль режущей части

которого чаще всего имеет форму прямоугольника или двухсторонней лопатки.

Геометрические параметры образцов могут быть определены с помощью стандартных механических или оптических измерительных систем, обеспечивающих погрешность показаний не более 0,01 мм, при этом точность измерения геометрических параметров образцов из мягких биотканей с помощью механических систем снижается из-за вероятности деформации материала образца в процессе измерений. Деформация исключается при работе с помощью электромеханического измерителя, снабженного звуковым генератором, который срабатывает в момент контакта головки индикатора с поверхностью образца. Принцип действия звуковой сигнализации основан на использовании электропроводности биологических тканей.

Выбор метода испытаний биотканей обусловлен как особенностями структурного и конструктивного характера органов, так и их функциональным назначением. Упруго-деформативные и прочностные характеристики биологических материалов оценивают главным образом при испытании на растяжение, что является традиционным методом исследования биомеханики материалов. Для решения технологических задач медицины при изучении физико-механических свойств биоматериалов и органов используют разнообразные методы испытаний, в том числе на раздир, сжатие и сдвиг.

Общая схема методов экспериментальных исследований представлена на рис. 1.2.

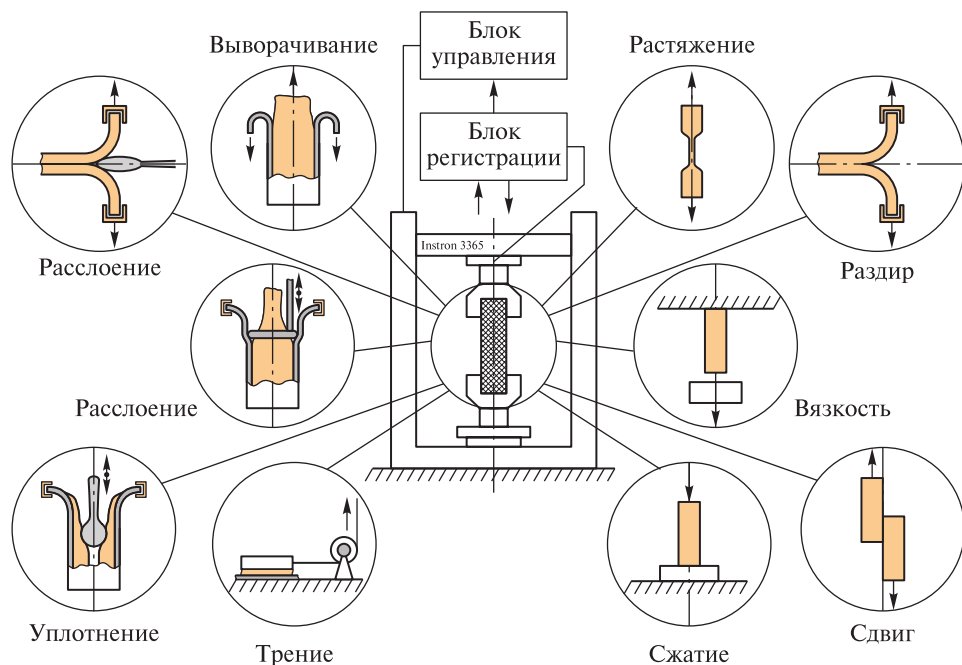


Рис. 1.2. Общая схема методов экспериментальных исследований в биомеханике

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Лабораторная работа № 1	
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ.....	4
Теоретическая часть	4
Испытание на растяжение при одноосном нагружении	8
Испытание на раздир	8
Испытание на сдвиг	9
Испытание на сжатие	10
Испытание на вязкость	12
Испытание на растяжение при двухосном нагружении	13
Оборудование для подготовки образцов к испытаниям	15
Оборудование для проведения испытаний	18
Практическая часть	21
Требуемое оборудование и программное обеспечение	21
Задание и порядок выполнения работы	21
Вопросы для самоконтроля.....	21
Лабораторная работа № 2	
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИОМАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ НАГРУЖЕНИЯ	22
Теоретическая часть.....	22
Определение механических характеристик биологических тканей	22
Особенности экспериментальных исследований биологических тканей	23
Испытание на одноосное растяжение	24
Испытание на раздир по толщине	27
Обработка результатов измерений	28
Практическая часть	30
Требуемое оборудование и программное обеспечение	30
Задания и порядок проведения испытания на одноосное растяжение	30
Задания и порядок проведения испытания на раздир по толщине	34
Вопросы для самоконтроля	35

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИНЫ

И КАУЧУКА36

Теоретическая часть36

Испытание на одноосное растяжение39

Испытание на раздир по толщине40

Испытание на раздир по ширине40

Обработка результатов измерений41

Практическая часть41

Требуемое оборудование и программное обеспечение41

Задание и порядок проведения испытания на одноосное растяжение42

Задания и порядок проведения испытания на раздир по толщине43

Задания и порядок проведения испытания на раздир по ширине43

Вопросы для самоконтроля.....44

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ45

Теоретическая часть45

Испытание на одноосное растяжение46

Практическая часть47

Требуемое оборудование и программное обеспечение47

Задания и порядок проведения испытания на одноосное растяжение...47

Вопросы для самоконтроля49

Лабораторная работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

ИСКУССТВЕННЫХ ПРОТЕЗОВ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ 50

Теоретическая часть50

Классификация протезов кровеносных сосудов52

Материалы и конфигурации искусственных протезов сосудов54

Требования, предъявляемые к протезам56

Испытание на одноосное растяжение57

Практическая часть57

Требуемое оборудование и программное обеспечение57

Задания и порядок проведения испытания на одноосное растяжение .58

Вопросы для самоконтроля58

Литература59

Приложение А. Требования к содержанию и оформлению отчета60

Приложение Б. Дистанционная форма проведения лабораторных

работ63