

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**С. В. Агафонова**

**РЕОМЕТРИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО  
ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
19.03.01 Биотехнология  
(профиль «Пищевая биотехнология»)

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

Агафонова, С. В.

Реометрия продуктов из сырья животного происхождения: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 19.03.01 Биотехнология / С. В. Агафонова – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 41 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Реометрия продуктов из сырья животного происхождения» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля для направления подготовки 19.03.01 Биотехнология, форма обучения очная.

Табл. 2, список лит. – 11 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой пищевой биотехнологии 24 марта 2022 г., протокол № 7.

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 15 апреля 2022 г., протокол № 4

УДК 664-4

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2022 г.  
© Агафонова С. В., 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 4  |
| 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....                            | 7  |
| 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К<br>ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ .....          | 17 |
| 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ<br>САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА..... | 23 |
| ГЛОССАРИЙ .....  | 25 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....   | 29 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ .....   | 30 |

## ВВЕДЕНИЕ

*Целью* освоения дисциплины является формирование у студентов знаний о структурно-механических свойствах пищевого сырья животного происхождения, полуфабрикатов и продуктов питания, навыков работы с реометрическим оборудованием.

*Задачи* изучения дисциплины:

- освоение основных понятий и законов реологии пищевых масс;
- формирование понимания сущности физических явлений, происходящих при переработке сырья в готовую продукцию, и особенностей структурообразования пищевых масс;
- освоение методов определения структурно-механических характеристик продуктов питания и пищевых масс;
- знакомство с реологическим контрольно-измерительным оборудованием.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:*

- основные понятия и законы реологии;
- основы инструментальной оценки консистенции пищевого сырья и продуктов животного происхождения;
- взаимосвязи между реологическими характеристиками пищевого сырья и качеством готовых продуктов;
- закономерности оптимизации режимов механических воздействий на сырье и полуфабрикаты со стороны технологического оборудования;

*уметь:*

- осуществлять обоснованный выбор технологического оборудования с учетом реологических свойств продуктов питания, полуфабрикатов и пищевого сырья;
- пользоваться приборами для определения реологических свойств продуктов из животного сырья в лабораторных условиях;

*владеть:*

- навыками инструментальной оценки консистенции сырья и продуктов животного происхождения;
- навыками составления реологических моделей пищевого сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов.

При реализации дисциплины «Реометрия продуктов из сырья животного происхождения» организуется практическая подготовка путем проведения практических и лабораторных работ, предусматривающих участие

обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Результатами освоения дисциплины «Реометрия продуктов из сырья животного происхождения» для обучающихся как будущих специалистов являются способности:

- владеть основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области; способность проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов;

- осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров биотехнологических процессов, свойств сырья и продукции;

- участвовать в разработке технологических проектов в составе авторского коллектива.

Для успешного освоения дисциплины «Реометрия продуктов из сырья животного происхождения» студент должен активно работать на лекционных и лабораторных занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестовые задания по отдельным темам, задания и контрольные вопросы по лабораторным занятиям. Тестирование обучающихся проводится на лекционных занятиях после изучения соответствующих тем. Тестовое задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из предлагаемых вариантов ответа. Перед проведением тестирования преподаватель знакомит студентов с вопросами теста, а после проведения тестирования проводит анализ его работы. Перечень примерных тестовых заданий представлен в фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Промежуточная аттестация проводится в виде зачета, к которому допускаются студенты, освоившие темы курса и имеющие положительные оценки.

К зачету допускаются студенты:

- положительно аттестованные по результатам промежуточной аттестации (получившие при этой аттестации оценку «зачтено»);

- получившие положительную оценку по результатам лабораторного практикума;

- получившие оценку «зачтено» по результатам выполнения индивидуальной работы.

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Для успешного освоения дисциплины «Реометрия продуктов из сырья животного происхождения» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для подготовки лабораторных работ.

# 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Реометрия продуктов из сырья животного происхождения», студент должен научиться работать на лекциях, лабораторных занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

На лекциях рассматриваются основные понятия и определения по дисциплине, аксиомы и физические законы, на которых базируется реология, реологические свойства пищевого сырья и продуктов питания животного происхождения, методы и приборы их определения.

Тематический план лекционных занятий представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Объем (трудоемкость освоения) и структура лекционных занятий

| Номер темы | Содержание лекционного курса  | Количество часов лекционных занятий |
|------------|---|-------------------------------------|
| 1          | Введение. Теоретические основы реологии. Модели идеальных реологических тел.                                    | 2                                   |
| 2          | Свойства жидких тел.  | 1                                   |
| 3          | Свойства твердых тел.   | 1                                   |
| 4          | Модели реальных реологических тел.  | 1                                   |
| 5          | Консистенция и текстура пищевых продуктов. Кинетика деформации.   | 1                                   |
| 6          | Поверхностные свойства пищевого сырья и продуктов питания животного происхождения.                              | 2                                   |
| 7          | Вискозиметрия пищевого сырья и продуктов питания животного происхождения  | 2                                   |
| 8          | Методы и приборы для измерения поверхностных свойств пищевого сырья и продуктов питания животного происхождения | 1                                   |
| 9          | Методы и приборы для измерения структурных свойств пищевого сырья и продуктов питания животного происхождения   | 1                                   |
| Итого      |   | 12                                  |

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

## **Тема 1. Введение. Теоретические основы реологии**

### *Ключевые вопросы темы:*

1. Реология как наука. Роль реологии в технологическом процессе производства пищевых продуктов из сырья животного происхождения. Реологические свойства пищевого сырья и продуктов питания.
2. Понятие деформации. Вязкая и упругая деформации. Закон Ньютона. Закон Гука. Вязкость и течение жидких тел.
3. Модели идеальных реологических тел. Идеально упругое тело, идеально вязкое тело, идеально пластическое тело.

### *Методические рекомендации*

Первая тема курса «Реометрия продуктов из сырья животного происхождения» позволит обучающимся получить представление о базовых понятиях дисциплины, в ней также определяется место изучаемого материала в системе научного знания и его взаимосвязь с другими дисциплинами.

При изучении первого вопроса необходимо усвоить теоретические основы реологии, аксиомы, на которых она базируется. Особое внимание нужно обратить на практическое применение реологии в будущей профессии. Необходимо уяснить связь реологических свойств пищевого сырья и готовой продукции с реализацией технологического процесса, его технической оснащённостью.

При изучении второго вопроса необходимо рассмотреть два вида деформации тел – упругую и вязкую, выделить их особенности. Нужно обратить внимание на определение понятий вязкости и текучести жидкостей. Изучить формулы, определяющие коэффициент динамической вязкости и его связь с коэффициентом кинематической вязкости.

При изучении третьего вопроса следует ознакомиться с графическими моделями идеальных реологических тел: идеально упругого (Гука), идеально пластического (Сен-Венана), идеально вязкого (Ньютона). Необходимо изучить основные законы, описывающие деформацию этих тел.

### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Дайте определения понятиям «реометрия» и «реология».



2. Какова роль реологии в технологическом процессе производства пищевых продуктов из сырья животного происхождения?
3. Назовите две основные аксиомы реологии.
4. Дайте определение понятию «деформация». В чем заключаются различия между вязкой и упругой деформацией?
5. Дайте определения понятиям «вязкость» и «текучесть».
6. По какой формуле рассчитывается коэффициент динамической вязкости жидкости?
7. По какой формуле рассчитывается коэффициент кинематической вязкости?
8. Что такое эффективная вязкость?
9. В каких единицах измеряется коэффициент динамической вязкости?
10. Что представляют собой модели идеально вязкого, идеально упругого и идеально пластического тел? Изобразите их кривые течения. Каким законом описывается реологическое поведение каждого тела?

## **Тема 2. Свойства жидких тел**

### *Ключевые вопросы темы:*

1. Вязкость ньютоновских и неньютоновских жидкостей. Зависимость вязкости от давления, температуры, напряжения и скорости сдвига, времени действия нагрузки.
2. Пластические, псевдопластические и дилатантные жидкости. Уравнение Бингама, Балкли-Гершеля, Кэссона, Оствальда-де-Виля, Оствальда.
3. Жидкости с временной зависимостью. Тиксотропные и реопексные жидкости. Кривые гистерезиса.

### *Методические рекомендации*

Целью изучения второй темы курса является формирование у обучающихся знаний о реологических свойствах жидкообразных пищевых продуктов и пищевого сырья.

При освоении темы необходимо уяснить различия в реологическом поведении между реальными и идеально вязкими телами. При изучении различных по реологическим свойствам реальных жидкостей, рассматриваются формулы, кривые вязкости и деформации, примеры среди пищевых жидкостей. Особое внимание нужно уделить объяснению таких явлений, как пластичность, псевдопластичность, дилатантность, тиксотропия и реопексия.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. В чем заключается различие между ньютоновскими («идеальными») и неньютоновскими (реальными) жидкостями?
2. Как классифицируются реальные жидкости?
3. В чем различие между пластическими и псевдопластическими жидкостями?
4. В чем заключается суть явлений тиксотропии и реопексии?
5. Чем объясняются явления тиксотропии и реопексии дисперсных систем?

### **Тема 3. Свойства твердых тел**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Гуковские и негуковские тела.
2. Прочность твердых тел. Предел прочности.
3. Реологические модели твердых тел. Модель Пелега, модель Ренкина.

*Методические рекомендации*

Целью изучения темы курса является формирование у обучающихся знаний о свойствах твердых тел, их реологическом поведении.

При освоении темы необходимо уяснить понятия прочности и предела прочности твердых тел. Важным является рассмотрение существующих реологических моделей твердых тел – Ренкина и Пелега, изучение уравнений, описывающих их деформацию.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что такое эффективный модуль упругости?
2. Дайте определение понятию «упругое последствие».
3. Что такое прочность и предел прочности твердого тела?
4. Представьте модель Ренкина и уравнение, описывающее ее поведение при деформации.
5. Представьте модель Пелега и уравнение, описывающее ее поведение при деформации.

### **Тема 4. Модели реальных реологических тел**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Принципы составления моделей реальных реологических тел. Последовательное и параллельное соединение элементов моделей.

2. Модели реальных реологических тел. Упруго-пластические, упруго-вязкие, вязко-пластические тела. Модели Максвелла, Кельвина-Фойгта, Шведова, Бингама. Сложные модели, описывающие поведение мясного фарша, хлеба при разрезании, теста при растяжении. Модели Бюргерса, Шоффильда-Скотта-Блера.

#### *Методические рекомендации*

Прежде чем приступить к изучению четвертой темы, необходимо вспомнить изученные ранее модели идеальных реологических тел, основные законы.

Важным является уяснение принципов разработки сложных реологических моделей, вывода уравнений для них, представления кривых течения. Необходимо рассмотреть основные существующие модели реальных реологических тел: модель упруго-пластического тела, модели упруго-вязких тел Максвелла и Кельвина-Фойгта, модели вязкопластических тел Бингама и Шведова, сложные модели Бюргерса и Шоффильда-Скотта-Блера. Особое внимание уделяется примерам пищевого сырья и продуктов животного происхождения, реологическое поведение которых можно описать рассмотренными моделями.

#### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Каким образом рассчитываются деформация и нагрузка реологической модели при последовательном соединении ее элементов?
2. Каким образом рассчитываются деформация и нагрузка реологической модели при параллельном соединении ее элементов?
3. Опишите процесс релаксации напряжений в теле Максвелла.
4. Выведите реологическое уравнение модели Максвелла.
5. Опишите реологическое поведение свежего хлеба при резании по модели Шоффильда-Скотта-Блера.

### **Тема 5. Консистенция и текстура продуктов. Кинетика деформации**

#### *Ключевые вопросы темы:*

1. Понятия консистенции и текстуры продуктов.
2. Диаграммы кинетики деформации. Ползучесть. Принцип наложения Больцамана.

#### *Методические рекомендации*

При изучении темы необходимо рассмотреть понятия консистенции и текстуры как комплексных показателей качества пищевой продукции. Необходимо построить и описать кривые деформации пищевых систем,

рассмотреть возникающие при деформации тела мгновенную упругую деформацию, упругое последствие, ползучесть. Особое внимание уделяется явлению ползучести. Необходимо рассмотреть кривые деформации и развивающуюся в теле ползучесть при малых и больших значениях деформации.

Необходимо усвоить применение принципа наложения Больцмана для определения суммарной деформации, которую испытывает тело.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Дайте определение понятию консистенции пищевого продукта.
2. Дайте определение понятию текстуры пищевого продукта.
3. Представьте кривую деформации. Изобразите на ней мгновенную упругую деформацию и упругое последствие.
4. Дайте определение понятию ползучести.
5. В чем заключается принцип наложения Больцмана? Приведите пример.

## **Тема 6. Поверхностные свойства пищевого сырья и продуктов питания животного происхождения**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Адгезия, когезия, внешнее трение. Теоретические основы. Механическая, специфическая адгезия. Адгезия пленок, жидкости, частиц. Номинальная и фактическая площадь контакта. Теории возникновения адгезии.
2. Количественные характеристики адгезии. Уравнение Дерягина. Уравнение Горбатова. Уравнение, описывающее отрыв пластины от продукта.
3. Роль адгезии в технологическом процессе производства пищевых продуктов. Влияние технологических факторов на формирование адгезионной связи между субстратом и пищевым продуктом.

*Методические рекомендации*

Изучение темы позволит сформировать у обучающихся понятия о поверхностных свойствах пищевого сырья и продуктов питания.

При изучении первого вопроса рассматривается природа явлений адгезии и внешнего трения, теории, объясняющие формирование адгезионной связи между субстратом и адгезивом.

При изучении второго вопроса необходимо рассмотреть физические величины, характеризующие явления адгезии и внешнего трения. Уяснить понятия адгезионной силы, адгезионного давления, адгезионной прочности.

Изучить уравнения, описывающие связь между двумя поверхностными явлениями – силой трения и адгезией (уравнения Дерягина и Горбатова).

Следует уделить внимание роли адгезии в технологическом процессе производства пищевой продукции, способам снижения адгезионной силы взаимодействия сырья и готовой продукции с поверхностями оборудования.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Дайте определения понятиям «адгезия» и «когезия».
2. Какова роль адгезии в технологическом процессе производства пищевых продуктов из сырья животного происхождения?
3. Какие виды адгезии можно выделить в зависимости от агрегатного состояния субстрата и адгезива?
4. В каком случае между субстратом и адгезивом возникает специфическая адгезия?
5. Назовите существующие теории возникновения адгезии. В чем суть каждой из них?
6. Какими способами можно определить величину адгезии?
7. Каким образом состав пищевых продуктов из сырья животного происхождения влияет на величину адгезии?
8. При производстве каких пищевых продуктов из сырья животного происхождения адгезия играет существенную роль?
9. С чем связано различие между фактической и номинальной площадью контакта субстрата и адгезива?
10. Какими способами возможно снизить влияние адгезии в технологическом процессе?

## **Тема 7. Вискозиметрия пищевого сырья и продуктов питания животного происхождения**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Классификация методов и приборов для измерения вязкости.
2. Теория капиллярной вискозиметрии. Ламинарное течение жидкости. Закон Пуазейля. Приборы истечения и стеклокапиллярные вискозиметры. Вискозиметр ВЗ. Вискозиметры Оствальда, Уббелодде, Кэнон-Фенске.
3. Шариковые вискозиметры. Вискозиметр Гепплера.
4. Ротационные вискозиметры. Вискозиметры Воларовича, Стормера, Брукфильда, Реутова, вискозиметр «Реотест». Формы воспринимающих элементов ротационных вискозиметров. Сложности, связанные с использованием ротационных вискозиметров.
5. Вибрационные вискозиметры.

### *Методические рекомендации*

Седьмая тема курса позволяет сформировать у обучающихся знания о видах вискозиметров и методах определения коэффициентов вязкости пищевого сырья и продуктов питания животного происхождения. Для освоения темы необходимо изучить физические законы, на которых базируется вискозиметрия.

При подготовке к лекционному занятию нужно ознакомиться с основными типами и конструкцией измерительных приборов, представленных в *приложении А*. Необходимо схематично изобразить, либо вклеить распечатанные изображения приборов в тетрадь с конспектами.

Обучающиеся должны ознакомиться с принципами определения вязкости с помощью капиллярных вискозиметров. Нужно изучить устройство, порядок работы с капиллярными вискозиметрами Оствальда, Уббелоде, Кэнон-Фенске и вискозиметром истечения ВЗ. Изучить устройство и порядок работы с шариковым вискозиметром Гепплера. Рассмотреть устройство ротационных вискозиметров, различные формы воспринимающих элементов и их назначение. Изучить устройство и порядок работы с ротационными вискозиметрами Воларовича, Стормера, Брукфильда, Реутова, «Реотест».

Необходимо ознакомиться с принципом измерения вязкости пищевых продуктов с помощью вибрационных вискозиметров.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Назовите основные положения теории капиллярной вискозиметрии.
2. Назовите известные вам виды вискозиметров.
3. Для измерения вязкости каких жидкостей используются стеклокапиллярные вискозиметры?
4. Назовите порядок работы при измерении вязкости жидкости с помощью вискозиметра Оствальда.
5. Назовите порядок работы при измерении вязкости жидкости с помощью вискозиметра Уббелоде.
6. Каким образом устроен вискозиметр Гепплера? Как с помощью него определяется вязкость жидкости?
7. В чем преимущества и недостатки использования для измерения вязкости ротационных вискозиметров?
8. Как устроен вискозиметр «Реотест»?
9. Какие формы воспринимающих элементов ротационных вискозиметров вы знаете? Для исследования каких жидкостей предназначена каждая форма?
10. На чем основан принцип измерения вязкости с помощью вибрационного вискозиметра?

## **Тема 8. Методы и приборы для измерения поверхностных свойств пищевого сырья и продуктов питания животного происхождения**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Классификация приборов для измерения адгезии. Адгезиометры Николаева, МТИММПа, ВНИИМПа, МТИППа, адгезиометр АМ-1.
2. Методы и приборы для измерения фрикционных характеристик. Трибометры.

*Методические рекомендации*

Перед изучением основных вопросов темы необходимо вспомнить понятие адгезии пищевых продуктов, рассмотренное в теме 6.

При подготовке к лекционному занятию нужно ознакомиться с основными типами и конструкциями измерительных приборов, представленных в *приложении Б*. Необходимо схематично изобразить, либо вклеить распечатанные изображения приборов в тетрадь с конспектами.

Изучение темы позволит обучающимся приобрести знания о методах и приборах для измерения поверхностных свойств пищевых продуктов: адгезии и трения. Необходимо рассмотреть конструкции различных приборов, изучить порядок работы с ними при определении поверхностных свойств.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Как классифицируют приборы, предназначенные для измерения адгезии пищевых продуктов?
2. Как устроен адгезиометр Николаева?
3. Как устроен адгезиометр АМ-1?
4. Как называются приборы для измерения внешнего трения?
5. Как устроен простейший прибор для измерения внешнего трения – трибометр с тележкой?

## **Тема 9. Методы и приборы для измерения структурных свойств пищевого сырья и продуктов питания животного происхождения**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Теория конических пластометров П. А. Ребиндера. Предельное напряжение сдвига. Пенетрометры. Сдвигомеры. Прибор Вейлер-Ребиндера.
2. Анализаторы текстуры пищевых продуктов. Приборы растяжения сжатия. Торсионметры. Консистомеры.

### *Методические рекомендации*

Перед изучением основных вопросов темы необходимо вспомнить понятия консистенции и текстуры пищевых продуктов, рассмотренные в теме № 5.

При подготовке к лекционному занятию нужно ознакомиться с основными типами и конструкциями измерительных приборов, представленных в приложениях В-Д. Необходимо схематично изобразить, либо вклеить распечатанные изображения приборов в тетрадь с конспектами.

Изучение темы позволит обучающимся приобрести знания о методах и приборах для измерения структурных свойств пищевых продуктов. Необходимо рассмотреть конструкции приборов для испытания пищевых продуктов на сдвиг, растяжение, сжатие. Важным является освоение принципов комплексной оценки консистенции пищевого продукта на основе отдельных показателей и характеристик, измеряемых приборами.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Назовите основные положения теории конических пластометров П. А. Ребиндера.

2. Что такое предельное напряжение сдвига? Каким образом его можно измерить?

3. Расскажите об устройстве и принципе действия пенетрометров.

4. Как устроен прибор Вейлера-Ребиндера?

5. Каким образом характеризуется консистенция пищевого продукта при его испытании на растяжение или сжатие?



## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Особое место в структуре дисциплины занимают лабораторные занятия, выполняемые в специализированной лаборатории кафедры пищевой биотехнологии, оборудованной реометрическими измерительными приборами. Студенты в аудитории осваивают задания, полученные от преподавателя. В ходе самостоятельной подготовки они выполняют индивидуальные задания, предусмотренные лабораторными занятиями.

Поскольку в рамках лабораторных работ изучаются явления, происходящие в пищевых продуктах при действии на них напряжения, а также принципы работы с измерительными приборами и правильной интерпретации полученных результатов, к выполнению лабораторного практикума рекомендуется приступать только после полного освоения всего лекционного материала.

Тематический план лабораторных занятий представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Объем (трудоёмкость освоения) и структура лабораторных занятий

| Номер темы   | Содержание практического занятия   | Количество часов лабораторных занятий |
|--------------|--|---------------------------------------|
| 1            | Определение условной вязкости пищевых продуктов с помощью вискозиметра ВЗ-246                          | 4                                     |
| 2            | Исследование зависимости вязкости пищевых продуктов от температуры с помощью ротационного вискозиметра | 4                                     |
| 3            | Исследование тиксотропных свойств пищевых продуктов  | 4                                     |
| 4            | Исследование структурно-механических свойств пищевых продуктов с помощью пенетрометра                  | 4                                     |
| 5            | Изучение поверхностных и структурных свойств пищевых продуктов с помощью анализатора текстуры          | 4                                     |
| <b>Итого</b> |  | <b>20</b>                             |

В ходе лабораторных занятий обучающимся необходимо:

- 1) изучить устройство измерительных реометрических приборов;
- 2) изучить технику безопасности при работе с реометрическим оборудованием;
- 3) изучить принципы подготовки приборов и пищевых материалов к измерениям;
- 4) изучить порядок действий при измерении реологических свойств пищевого сырья и продуктов питания животного происхождения.

Каждый студент самостоятельно осуществляет измерения реологических свойств полученного от преподавателя объекта, либо работает в команде с одноклассниками (не более трех человек).

Оценка результатов выполнения задания по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета по лабораторной работе, демонстрации преподавателю исполнения индивидуального задания и на основании ответов студента на контрольные вопросы по тематике лабораторной работы. Студент, самостоятельно выполнивший индивидуальное задание и продемонстрировавший знания по теме работы, получает по лабораторной работе оценку «зачтено».

Кроме того, по лабораторному практикуму выставляется экспертная оценка по четырехбалльной шкале – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Неудовлетворительная оценка выставляется, если студент не выполнил и не получил оценку «зачтено» по предусмотренным рабочей программой дисциплины лабораторным работам.

Важно своевременно осваивать лекционные материалы и выполнять предусмотренные к лабораторным работам задания. Систематическое освоение теоретического материала (лекций) и другого необходимого учебного материала позволит быть готовым для тестирования, выполнения индивидуальных работ и аттестации по дисциплине.

### **Лабораторная работа 1. Определение условной вязкости пищевых продуктов с помощью вискозиметра ВЗ-246**

*Задания:*

- 1) изучить теоретический материал по теме работы;
- 2) изучить устройство и порядок работы с вискозиметром ВЗ-246;
- 3) измерить условную вязкость пищевых продуктов с помощью вискозиметра ВЗ-246 и рассчитать кинематическую вязкость;
- 4) измерить относительную плотность пищевых продуктов пикнометрическим методом и рассчитать динамическую вязкость.

*Методические рекомендации*

В результате выполнения первой лабораторной работы у обучающихся формируются знания, умения и навыки по работе с вискозиметром истечения при определении вязкости пищевых продуктов. Для успешного выполнения лабораторной работы необходимо владеть теоретическим материалом лекционных тем 1, 7.

### *Контрольные вопросы*

- 1) Дайте определение понятия вязкости.
- 2) Дайте определение понятия динамической вязкости. В каких единицах она измеряется?
- 3) Дайте определение понятия кинематической вязкости. В каких единицах она измеряется?
- 4) Какие жидкости называются ньютоновскими?
- 5) К какому типу вискозиметров относится вискозиметр ВЗ-246? Опишите порядок действий при работе с ним.

## **Лабораторная работа 2. Исследование зависимости вязкости пищевых продуктов от температуры с помощью ротационного вискозиметра**

### *Задания:*

- 1) изучить теоретический материал по теме работы;
- 2) изучить устройство и порядок работы с ротационным вискозиметром Брукфильда;
- 3) измерить динамическую вязкость предложенных пищевых продуктов при различной температуре;
- 4) построить графики зависимости коэффициентов динамической вязкости пищевых продуктов от температуры.

### *Методические рекомендации*

В результате выполнения второй лабораторной работы у обучающихся формируются знания, умения и навыки по работе с ротационным вискозиметром. Важным является установление зависимости вязкости жидкообразных пищевых продуктов от температуры. Для успешного выполнения лабораторной работы необходимо владеть теоретическим материалом лекционных тем 2, 7.

### *Контрольные вопросы*

- 1) К какому типу вискозиметров относится вискозиметр Брукфильда? Как он устроен?
- 2) Как осуществляется пробоподготовка для измерения вязкости с помощью вискозиметра Брукфильда?
- 3) Опишите порядок действий при измерении вязкости с помощью вискозиметра Брукфильда.
- 4) Как определяется погрешность измерения вязкости с помощью вискозиметра Брукфильда?

### **Лабораторная работа 3. Исследование тиксотропных свойств пищевых продуктов**

#### *Задания:*

- 1) изучить теоретический материал по теме работы;
- 2) измерить вязкость пищевых продуктов при действии постоянного однородного поля сдвига и построить графики зависимости вязкости пищевых продуктов от времени действия нагрузки;
- 3) рассчитать показатели, характеризующие тиксотропные свойства пищевых систем;
- 4) измерить вязкость пищевых продуктов при возрастании и убывании скорости сдвига, построить графики зависимости вязкости пищевых продуктов от скорости сдвига.

#### *Методические рекомендации*

В результате выполнения третьей лабораторной работы у обучающихся формируются знания, умения и навыки при определении тиксотропных свойств пищевых продуктов. Важным является уяснение принципов измерения и расчета показателей, характеризующих способность пищевых систем к восстановлению структуры. Для успешного выполнения лабораторной работы необходимо владеть теоретическим материалом лекционной темы 2.

#### *Контрольные вопросы*

- 1) Какое поведение характерно для тиксотропных и реопексных жидкостей при действии на них нагрузки?
- 2) Чем обусловлено тиксотропное и реопексное поведение жидкостей?
- 3) Что такое кривые гистерезиса?
- 4) Приведите примеры тиксотропных и реопексных жидкостей.
- 5) С помощью каких коэффициентов можно охарактеризовать устойчивость тиксотропной структуры к внешнему воздействию?
- 6) Какие существуют подходы при исследовании тиксотропных и реопексных свойств жидкостей с помощью ротационного вискозиметра?

### **Лабораторная работа 4. Исследование структурно-механических свойств пищевых продуктов с помощью пенетрометра**

#### *Задания:*

- 1) изучить теоретический материал по теме работы;
- 2) изучить устройство и порядок работы с пенетрометром;

3) определить степень пенетрации пищевых продуктов игольчатым индентором;

4) определить предельное напряжение сдвига пищевых продуктов при пенетрации их коническим индентором.

#### *Методические рекомендации*

В результате выполнения четвертой лабораторной работы у обучающихся формируются знания, умения и навыки по работе с пенетрометром при определении структурно-механических свойств пищевых продуктов (глубины пенетрации, предельного напряжения сдвига). Для успешного выполнения лабораторной работы необходимо владеть теоретическим материалом лекционных тем 5, 9.

#### *Контрольные вопросы*

- 1) Что такое пенетрация?
- 2) Опишите устройство и порядок действий при работе с пенетрометром.
- 3) Какие типы инденторов используются при определении структурно-механических свойств пищевых продуктов?
- 4) Что такое предельное напряжение сдвига? Как оно определяется?
- 5) Каким образом величина предельного напряжения сдвига зависит от геометрической формы индентора?

### **Лабораторная работа 5. Изучение поверхностных и структурных свойств пищевых продуктов с помощью анализатора текстуры**

#### *Задания:*

- 1) изучить теоретический материал по теме работы;
- 2) изучить устройство и порядок работы с анализатором текстуры СТЗ;
- 3) изучить влияние усилия и продолжительности контакта зонда с адгезивом на величину адгезии, построить графики соответствующих зависимостей;
- 4) получить кривые консистенции пищевых продуктов и описать их.

#### *Методические рекомендации*

В результате выполнения второй лабораторной работы у обучающихся формируются знания, умения и навыки по работе с анализатором структуры СТЗ при изучении поверхностных и структурных свойств пищевых продуктов. Для успешного выполнения лабораторной работы необходимо владеть теоретическим материалом лекционных тем 5, 6, 8, 9.

### *Контрольные вопросы*

- 1) Опишите устройство и порядок действий при работе с анализатором текстуры СТЗ.
- 2) Что такое адгезия? Какова роль адгезии в технологических процессах?
- 3) Как можно измерить величину адгезии между двумя телами?
- 4) Какие параметры оказывают влияние на величину адгезии между двумя телами?
- 5) Что такое консистенция и текстура продукта?
- 6) Каким образом кривая, полученная на анализаторе текстуры, характеризует консистенцию пищевого продукта?

Другие, более детальные методические указания по лабораторным работам, приведены в учебно-методических материалах по ним.

### 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Согласно учебному плану дисциплины «Реометрия продуктов из сырья животного происхождения» направления подготовки 19.03.01 Биотехнология, студенты очной формы обучения закрепляют изучаемый материал при выполнении самостоятельной работы.

Очень важно на достойном уровне выполнить индивидуальное задание. Тема индивидуального задания выбирается из перечня, представленного в *приложении Е* к настоящему учебно-методическому пособию. Студент может выбрать любую другую тему, согласовав ее с преподавателем. Допускается командная работа студентов в рамках одной темы (не более трех человек).

Для выполнения индивидуального задания необходимо представить теоретическую обзорную часть (реферат), провести практические исследования и защитить работу.

В *реферате* студент должен:

- проанализировать классическую литературу по теме реферата;
- подобрать, изучить и проанализировать современную и техническую литературу;
- выразить собственное мнение по теме реферата.

Работа должна быть выполнена на листах формата А4 с одной стороны листа, в печатном варианте. Шрифт текстовой части размер – 12 (для заголовков – 14), Times New Roman, интервал 1,5. Поля страницы: левое 3 см, правое 1,5 см, верхнее и нижнее 2 см. Выравнивание текста по ширине. Нумерация страниц внизу справа.

*Структура реферата:*

- титульный лист (*приложение Ж*);
- содержание;
- текстовая часть (каждый вопрос начинается с нового листа);
- список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.100-2018, ГОСТ 7.82-2001.

Объем выполненной работы не должен превышать 15 листов формата А4.

Стиль и язык изложения материала индивидуальной работы должны быть четкими, ясными и грамотными. Грамматические и синтаксические ошибки недопустимы.

Текстовая часть работы может быть иллюстрирована рисунками, схемами, таблицами. В конце приводится список использованных источников (не менее 10 источников).

*Практическая часть* индивидуального задания заключается в исследовании реологических свойств продуктов питания животного происхождения. При выполнении практической части обучающиеся работают с измерительными приборами, изученными в ходе лабораторного практикума. Самостоятельная работа с приборами осуществляется только в присутствии ведущего инженера кафедры. В ходе выполнения практической части необходимо:

- определить реологические свойства продуктов питания;
- обработать полученные данные, представить их в виде таблиц/графиков;
- сделать вывод по результатам исследования, сравнить полученные данные с литературными.

Полученные в ходе выполнения практической части результаты выносятся на слайды презентации при защите работы.

*Защита* индивидуального задания проходит в виде его устного сообщения с представлением электронной презентации в течение 7–10 мин и ответов на вопросы. При положительной защите студент получает промежуточную оценку «зачтено».

Положительная оценка («зачтено») выставляется в зависимости от полноты раскрытия вопроса и объема предоставленного материала в индивидуальной работе, а также степени его усвоения, которая выявляется при ее защите (умение использовать при ответе на вопросы научную терминологию, лингвистически и логически правильно отвечать на вопросы по проработанному материалу). Студент, получивший индивидуальную работу с оценкой «зачтено», знакомится с рецензией и с учетом замечаний преподавателя дорабатывает отдельные вопросы с целью углубления своих знаний.

Индивидуальная работа с оценкой «не зачтено» возвращается студенту с рецензией, выполняется студентом вновь и сдается вместе с не зачтенной работой на проверку преподавателю. Индивидуальная работа, выполненная не по своему варианту, возвращается без проверки и зачета.

Результат работы учитываются при промежуточной и заключительной аттестации по дисциплине.

Ответы на рассматриваемые вопросы должны излагаться по существу, быть четкими, полными, ясными и содержать элементы анализа.



## ГЛОССАРИЙ

**Адгезиометр (адгезиметр)** – прибор для измерения адгезии.

**Адгезия** (от лат. *adhaesio* – прилипание) – явление сцепления двух разнородных тел при их поверхностном контакте.

**Вискозиметр** – прибор для определения вязкости вещества.

**Вискозиметрия** – совокупность методов измерения вязкости жидкостей и газов.

**Внешнее трение** – сопротивление относительному перемещению двух находящихся в соприкосновении поверхностей твердого тела.

**Вязкость** – мера сопротивления течению жидкости (внутреннее трение).

**Деформация** – относительное смещение частиц материала тела, при котором не нарушается непрерывность самого тела. **Обратимая (упругая)** деформация – деформация, которая полностью исчезает после прекращения действия силы. **Необратимая (вязкая и пластическая)** деформация – деформация, которая не исчезает после снятия нагрузки.

**Дилатантные жидкости** – жидкости, вязкость которых возрастает при увеличении градиента скорости или напряжения сдвига.

**Жидкость неньютоновская** – жидкость, вязкость которой зависит от градиента скорости.

**Жидкость ньютоновская (идеально вязкая жидкость)** – жидкость, в которой напряжения пропорциональны скорости деформации. Для такой жидкости вязкость является константой, пропорциональной напряжению сдвига.

**Закон вязкости Ньютона** – математическое выражение, связывающее напряжение внутреннего трения  $\tau$  (вязкость) и изменение скорости среды  $v$  в пространстве  $\partial v / \partial z$  (градиент скорости) для текучих тел (жидкостей и газов)

$$\tau = \eta \cdot \partial v / \partial z,$$

где  $\eta$  – коэффициент динамической вязкости.

**Закон Гука** – утверждение, согласно которому деформация, возникающая в упругом теле ( $\gamma$ ), пропорциональна приложенной к этому телу силе ( $\tau$ )

$$\tau = G \cdot \gamma,$$

где  $G$  – модуль упругости.

**Закон Пуазейля** – физический закон течения Пуазейля, т. е. установившегося течения вязкой несжимаемой жидкости в тонкой цилиндрической трубке. При установившемся ламинарном движении вязкой несжимаемой жидкости сквозь цилиндрическую трубу круглого сечения секундный объёмный расход ( $Q$ ) прямо пропорционален перепаду давления

$(p_1 - p_2)$  на единицу длины трубы ( $l$ ) и четвертой степени радиуса ( $R$ ) и обратно пропорционален коэффициенту вязкости жидкости ( $\eta$ )

$$Q = \frac{\pi \cdot R^4}{8 \cdot \eta \cdot l} \cdot (p_1 - p_2) = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot \eta \cdot l} \Delta p.$$

**Идеально пластическое течение** – течение, при котором после превышения предела текучести наблюдается пропорциональность между скоростью и напряжением сдвига.

**Когезия** (от лат. *cohaesus* – связанный, сцепленный) – сопротивление тела разрушению, связанному с преодолением сил взаимодействия между атомами и молекулами на поверхности раздела.

**Консистенция** – степень твердости и плотности продукта. В зависимости от консистенции продукты по-разному деформируются при избранных видах нагрузки и скорости.

**Кривая вязкости** – зависимость вязкости жидкости от скорости сдвига.

**Кривая деформации** – графическое изображение зависимости между напряжениями (нагрузками) и деформациями материала.

**Кривая течения** – зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига.

**Ламинарное течение жидкости** (от лат. *lamina* – пластинка, полоска) – упорядоченное течение жидкости или газа, при котором жидкость (газ) перемещается слоями, параллельными направлению течения без перемешивания и пульсаций. Ламинарное течение наблюдается или у очень вязких жидкостей, или при течениях, происходящих с достаточно малыми скоростями, а также при медленном обтекании жидкостью тел малых размеров.

**Липкость** – свойство пограничного слоя вязких или пластичных материалов оказывать сопротивление разделению находящихся в контакте поверхностей. Оно основывается на адгезии материалов на поверхности раздела и когезии самого испытуемого материала.

**Мягкость** – свойство, противоположное твердости.

**Напряжение** – мера интенсивности внутренних сил упругости.

**Напряжение сдвига** – сопротивление тела действию касательной составляющей приложенной силы.

**Неидеально пластическое течение** – пластическое течение, при котором наблюдается непропорциональная зависимость между скоростью сдвига и напряжением.

**Пенетрация** (от лат. *penetratio* – проникать) – метод исследования структурно-механических свойств полутвердых и твердых продуктов путем определения сопротивления продуктов проникновению в них инденторов определенных размеров, массы за определенный промежуток времени.

**Пенетрометр** – прибор для измерения сопротивления материалов вдавливанию испытательного тела стандартных размеров и массы в испытываемую среду.

**Пластичность** – способность тела под действием внешних сил необратимо деформироваться без нарушения сплошности.

**Пластометр** – испытательный прибор для определения механических свойств, сопротивления деформации в широком диапазоне скоростных деформаций при заданном развитии скоростных деформаций во времени.

**Ползучесть** – постепенное нарастание во времени суммарной деформации при постоянной нагрузке.

**Предел текучести** – напряжение, при котором деформация пластического материала продолжает расти без увеличения нагрузки.

**Предел прочности** – максимальное механическое напряжение, выше которого происходит разрушение материала, подвергаемого деформации.

**Предельное напряжение сдвига** – это такое напряжение, при котором в материале, проявляющем упругие свойства, начинаются сдвиговые деформации (пластическое течение).

**Прочность** – сопротивление тела внешним силам, которые приводят тело к течению или разрушению.

**Релаксация** – постепенное уменьшение действующих напряжений до нуля или до какой-нибудь величины при неизменяющейся во времени деформации.

**Реологические свойства** – особенности вещества, характеризующие деформацию.

**Реология** (от греч. *ρέος* – течение, поток + *λόγος* – учение, наука) – наука о деформации и течении различных тел.

**Реометрия** (от греч. *ρέος* – течение, поток + *μέτροω* – измеряю) – раздел экспериментальной реологии, исследующий реологические свойства веществ с помощью специальных приборов и испытательных машин.

**Реопексия** – редкое явление, при котором вязкость жидкости увеличивается при увеличении продолжительности деформации.

**Твердость** – комплексное свойство негукковских тел оказывать сопротивление проникновению в них других тел вследствие необратимой деформации.

**Текстура** – физико-структурные свойства вещества, в частности продукта, воспринимаемые органами слуха, зрения и осязания и вызывающие у человека определенные ощущения при потреблении (откусывании, разжевывании, проглатывании).

**Текучесть** – величина, обратная вязкости.

**Тиксотропия** (от греч. *θίξις* – прикосновение + *τροπή* – изменение) – способность некоторых структурированных дисперсных систем самопроизвольно восстанавливать разрушенную механическим воздействием исходную структуру. Для тиксотропных жидкостей характерно уменьшение вязкости при увеличении продолжительности деформации.

**Торсиометр** – устройство для измерения среднего крутящего момента, передаваемого торсионным валом.

**Турбулентное течение жидкости** (от лат. *turbulentus* — бурный, беспорядочный) – форма течения жидкости или газа, при которой их элементы совершают неустановившиеся движения по сложным траекториям, что приводит к интенсивному перемешиванию между слоями жидкости (газа).

**Упругое последствие** – явление изменения упругой деформации во времени, когда она или постепенно нарастает до некоторого предела после приложения нагрузки, или постепенно уменьшается после ее снятия.

**Упругость** – способность тела при деформации полностью восстанавливать свою первоначальную форму.

**Хрупкость** – способность твердых тел достигать разрушения без пластической деформации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основная литература:

1. Мусина, О. Н. Реология [Электронный ресурс]: учеб. пособие / О. Н. Мусина. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 146 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

### Дополнительная литература:

2. Арет, В. А. Реология и физико-механические свойства материалов пищевой промышленности: учеб. пособие / В. А. Арет, С. Д. Руднев. – Санкт-Петербург: ИЦ Интермедия, 2014. – 252 с.

3. Доня, Д. В. Инженерная реология: учеб. пособие / Д. В. Доня, А. А. Леонов. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2008. – 123 с.

4. Косой, В. Д. Инженерная реология в производстве колбас / В. Д. Косой, А. Д. Малышев, С. Б. Юдина. – Москва: КолосС, 2005. – 264 с.

5. Косой, В. Д. Инженерная реология в производстве мороженого / В. Д. Косой, Н. И. Дунченко, А. В. Егоров. – Москва: ДеЛи принт, 2008. – 196 с.

6. Кузнецов, О. А. Реология пищевых масс: учеб. пособие / О. А. Кузнецов, Е. В. Волошин, Р. Ф. Сагитов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 106 с.

7. Мачихин, Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. – Москва: Легк. и пищ. пром-сть, 1981. – 215 с.

8. Падохин, В. А. Физико-химические свойства сырья и пищевых продуктов: учеб. пособие / В. А. Падохин, Н. Р. Кокина. – Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т., Институт химии растворов РАН, 2007. – 128 с.

9. Реометрия пищевого сырья и продуктов: справочник / под ред. Ю. А. Мачихина. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 271 с.

10. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов: справочник / под ред. А. В. Горбатова. – Москва: Легк. и пищ. пром-сть, 1982. – 293 с.

### Учебно-методические издания:

11. Агафонова, С. В. Реометрия пищевых продуктов: учеб.-метод. пособие по лаб. раб. для студентов бакалавриата по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология (профиль «Пищевая биотехнология») по дисциплинам «Реометрия продуктов из растительного сырья», «Реометрия продуктов из сырья животного происхождения» / С. В. Агафонова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», 2022. – 44 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А. Конструкции вискозиметров

#### П.А.1 Капиллярные вискозиметры

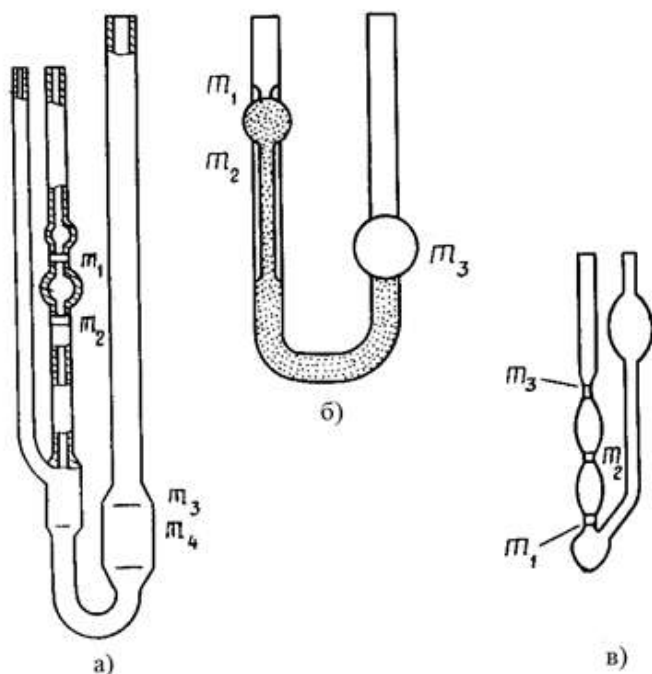


Рисунок П.А.1 – Вискозиметры: Уббелоде (а),  
Оставльда (б), Кэннон-Фенске (в);  
 $m_1, m_2, m_3, m_4$  – отметки

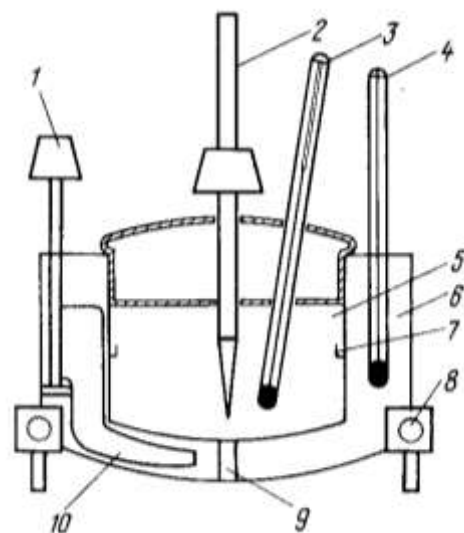


Рисунок П.А.2 – Вискозиметр Энглера:  
1 – ручка мешалки; 2 – палочка;  
3, 4 – термометры; 5 – резервуар;  
6 – сосуд для термостатирующей  
жидкости; 7 – указатель уровня;  
8 – нагреватель; 9 – трубка;  
10 – мешалка

#### П.А.2. Шариковые вискозиметры

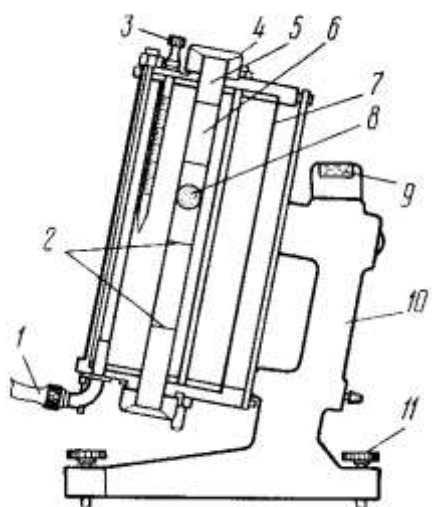


Рисунок 3 – Вискозиметр Гепплера:  
1 – штуцер; 2 – отметки; 3 – термометр;  
4 – прижимная гайка; 5 – втулка;  
6 – измерительная трубка; 7 – цилиндр;  
8 – шарик; 9 – уровень; 10 – станина;  
11 – винты

### П.А.3 Ротационные вискозиметры

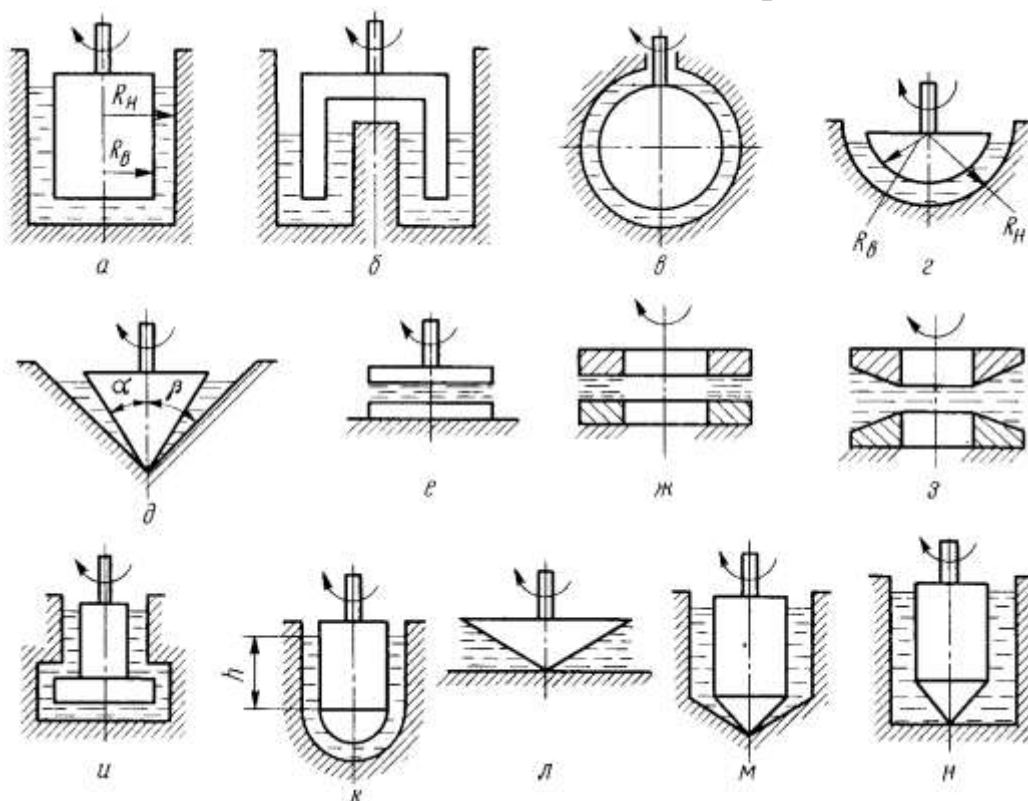


Рисунок П.А.4 – Принципиальные схемы ротационных вискозиметров:

- а, б – коаксиальные цилиндры; в – сфера; г – полусфера; д – конус; е – плоскопараллельные пластины; ж – плоские кольца; з – конические кольца; и – комбинация цилиндр-диск; к – комбинация цилиндр-полусфера; л – комбинация конус-диск; м – комбинация цилиндр-конус; н – комбинация цилиндр-конус-диск

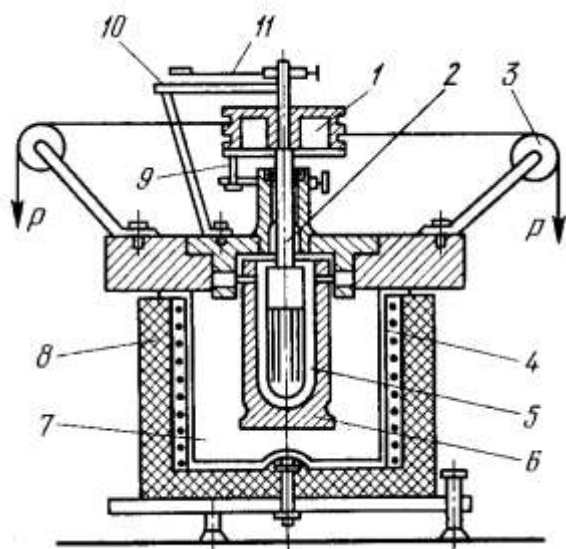


Рисунок П.А.5 – Вискозиметр Воларовича РВ-8:  
 1 – шкив; 2 – вал; 3 – балка; 4 – сосуд;  
 5 – внутренний ротор; 6 – неподвижный наружный цилиндр; 7 – электронагревательные элементы; 8 – теплоизоляционный материал;  
 9 – фиксатор; 10 – неподвижная шкала;  
 11 – стрелка

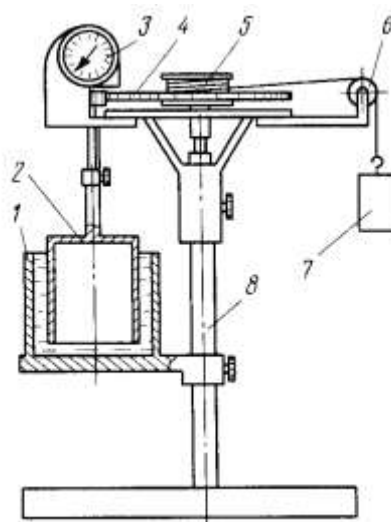


Рисунок П.А.6 – Вискозиметр Стормера:  
 1 – неподвижный внешний цилиндр;  
 2 – вращающийся внутренний цилиндр;  
 3 – счетчик определения частоты вращения ротора; 4 – зубчатая передача;  
 5 – барабан; 6 – блок;  
 7 – падающий груз; 8 – штатив

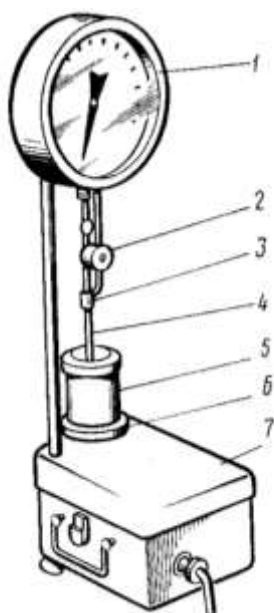


Рисунок П.А.7 – Вискозиметр Реутова:  
 1 – стрелка показывающего прибора;  
 2 – противовес; 3 – стержень  
 4 – валик; 5 – стакан с испытуемым  
 продуктом; 6 – подставка 7 – корпус с  
 установленным электродвигателем

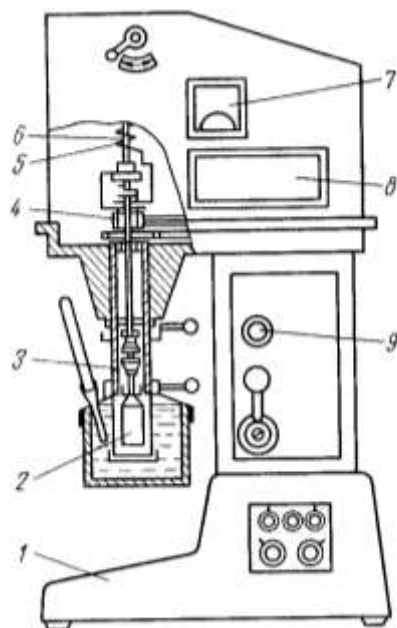


Рисунок П.А.8 – вискозиметр «Реотест»:  
 1 – станина; 2 – внутренний цилиндр;  
 3 – наружный цилиндр; 4 – ведомый вал;  
 5 – спиральная пружина; 6 – ведущий вал;  
 7 – фиксирующий прибор; 8 – шкала прибора;  
 9 – указатель

**Приложение Б. Методы и приборы измерения поверхностных свойств**  
**П.Б.1. Способы измерения адгезионной прочности**

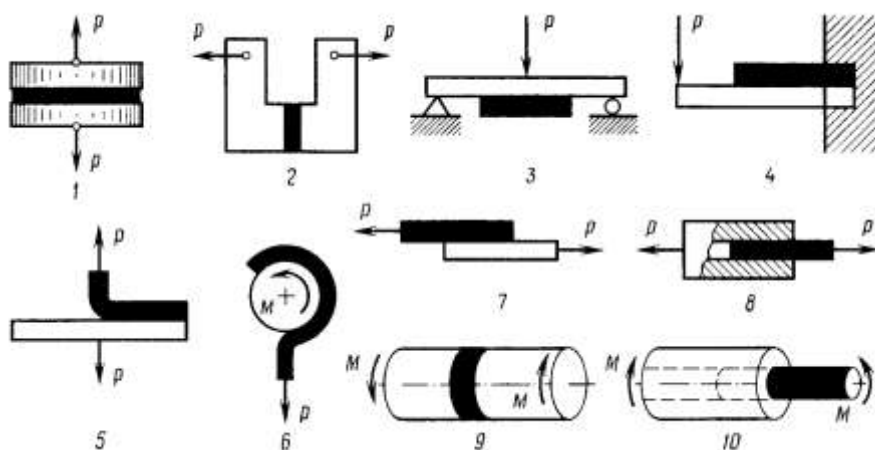


Рисунок П.Б.1 – Способы измерения адгезионной прочности:  
 1 – отрыв нормальной силой при растяжении; 2 – отрыв при внецентренном растяжении  
 (сжатии); 3, 4 – отслаивание материалов при изгибе; 5, 6 – отслаивание при отдирании;  
 7, 8 – разрушение соединения при сдвиге; 9, 10 – сдвиговое разрушение при кручении



## П.Б.2. Конструкции адгезиометров

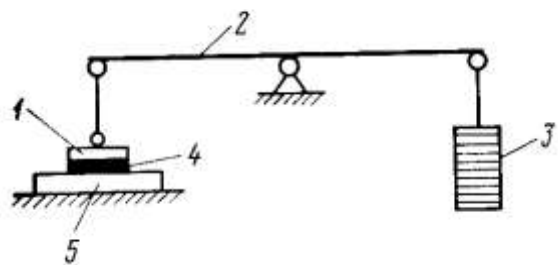


Рисунок П.Б.2 – Адгезиометр Николаева:  
1 – субстрат; 2 – рычаг; 3 – груз; 4 – адгезив;  
5 – основание

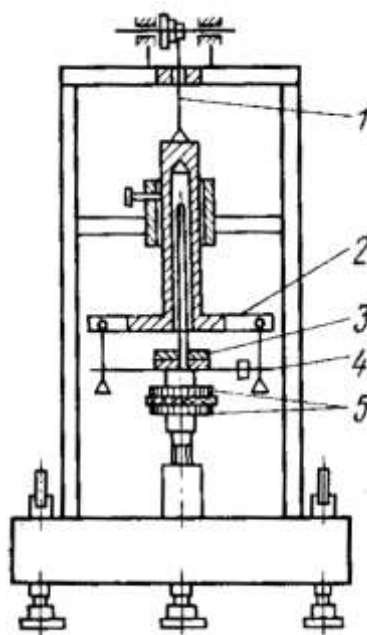


Рисунок П.Б.3 – Адгезиометр МТИММПа:  
1 – нить; 2 – поперечина; 3 – грузы;  
4 – тензобалка; 5 – подъемный столик

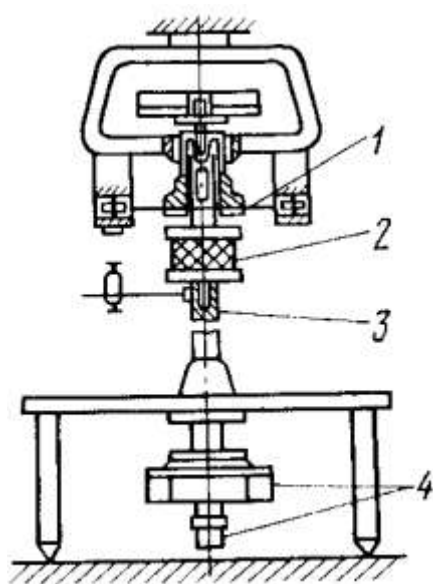


Рисунок П.Б.4 – Адгезиометр ВНИИМПа:  
1 – стойка с кронштейном и тензобалкой;  
2 – держатель образца продукта;  
3 – подвижный шток; 4 – электродвигатель с  
редуктором и коробкой скоростей

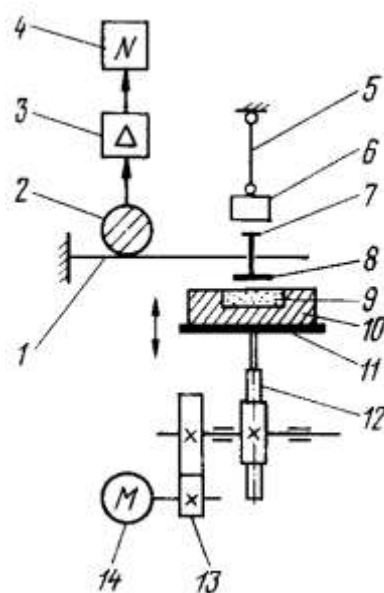


Рисунок П.Б.5 – Адгезиометр нормального  
отрыва МТИППа:  
1 – упругая балочка; 2 – тензорезисторы;  
3 – усилитель; 4 – самописец; 5 – нить;  
6 – сменные грузы; 7 – платформа;  
8 – субстрат; 9 – адгезив; 10 – камера;  
11 – столик; 12 – реечная передача;  
13 – цилиндрическая передача;  
14 – электродвигатель

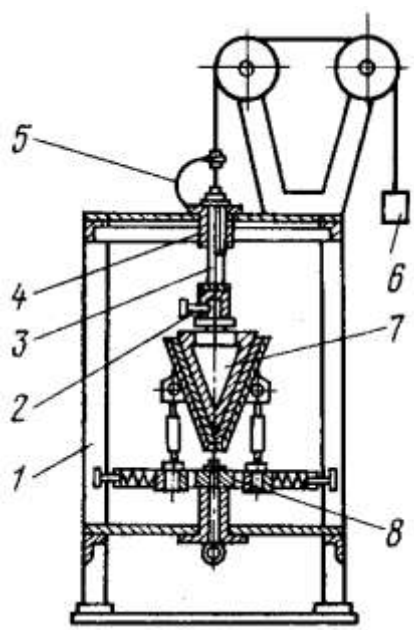


Рисунок П.Б.6 – Адгезиометр АМ-1:  
 1 – станина; 2 – фиксатор; 3 – шток; 4 – втулка; 5 – упругий элемент; 6 – груз;  
 7 – матрица с заготовкой; 8 – платформа

**П.Б.3. Методы измерения силы трения скольжения**

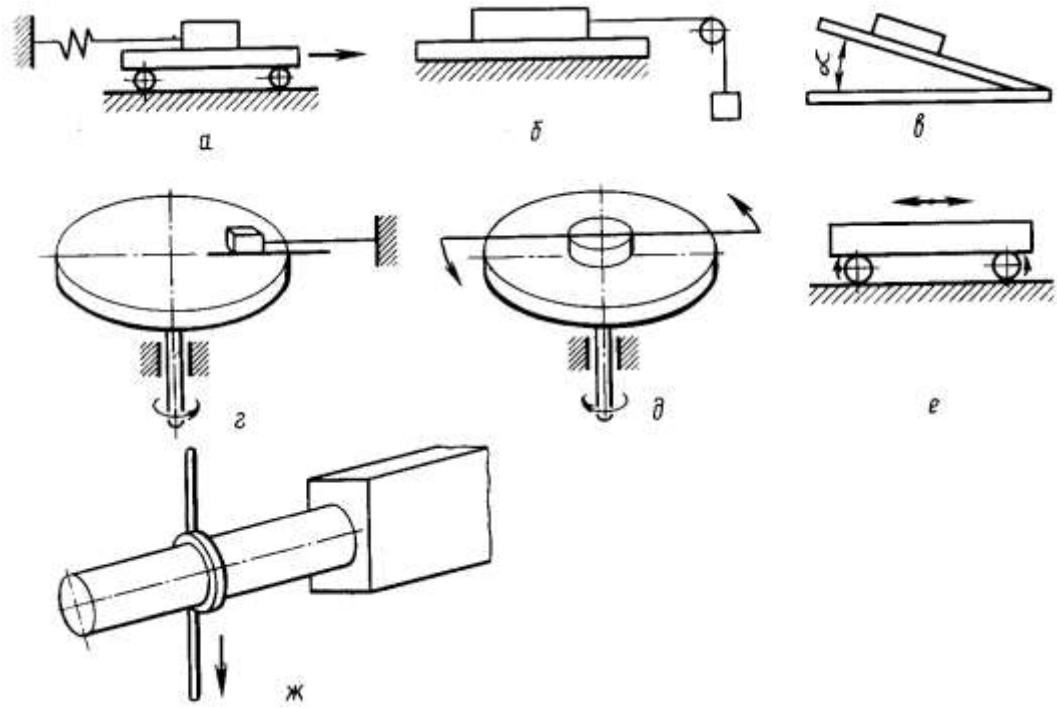


Рисунок П.Б.7 – Методы измерения силы трения скольжения:  
 а, б, в – при поступательном перемещении плоскостей; г, д – при вращательном движении  
 одной из фрикционных пар; е – при соприкосновении образующей цилиндра с плоскостью;  
 ж – при перемещении цилиндрической или плоской гибкой поверхности по цилиндрической  
 поверхности

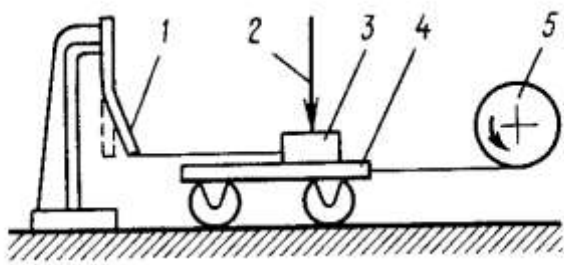


Рисунок П.Б.8 – Трибومتر с тележкой и электроприводом

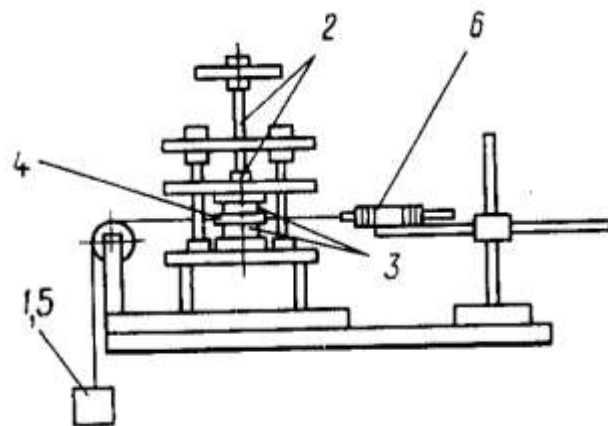


Рисунок П.Б.9 – Трибومتر с параллельным смещением пластин и приводом от падающих грузов

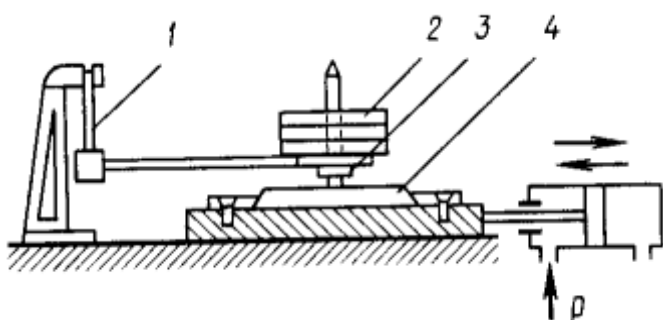


Рисунок П.Б.10 – Трибومتر с приводом от гидроцилиндра

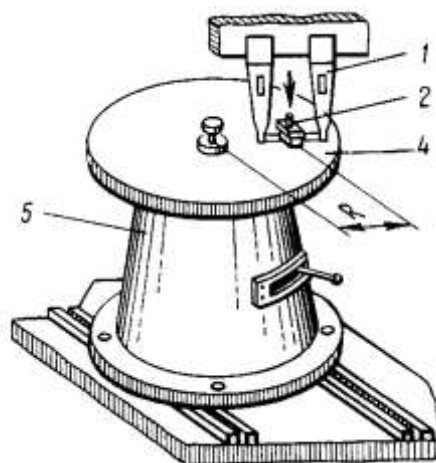


Рисунок П.Б.11 – Трибومتر дискового типа

На рисунках П.Б.8–П.Б.11: 1 – устройство для измерения силы трения (тензометрическое или грузовое); 2 – устройство для создания напряжения контакта; 3 – исследуемых пищевой продукт; 4 – материал, по которому происходит трение продукта; 5 – система привода; 6 – устройство для измерения перемещения.

## Приложение В. Конструкции пенетрометров

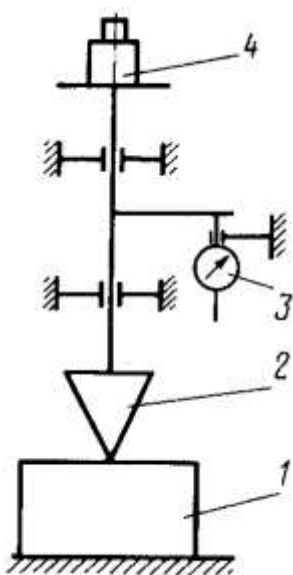


Рисунок П.В.1 – Пенетромтр КП-3 (конический пластометр): 1 – сосуд для исследуемой массы; 2 – конус; 3 – индикатор; 4 – гири

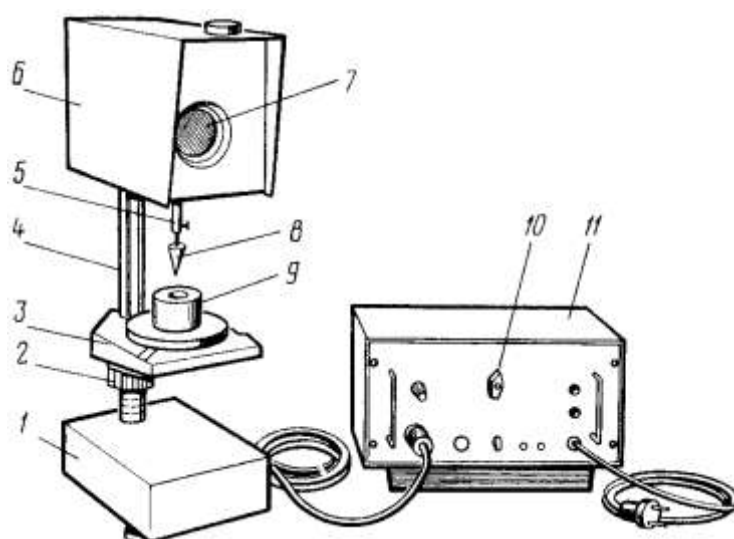


Рисунок П.В.2 – Автоматический пенетромтр АР-4/2:  
1 – основная плита; 2 – гайка; 3 – измерительный столик; 4 – вертикальная стойка; 5 – гильза; 6 – измерительная головка; 7 – микрошкала; 8 – погружаемая деталь (индентор); 9 – стакан; 10 – ручка; 11 – регулятор времени

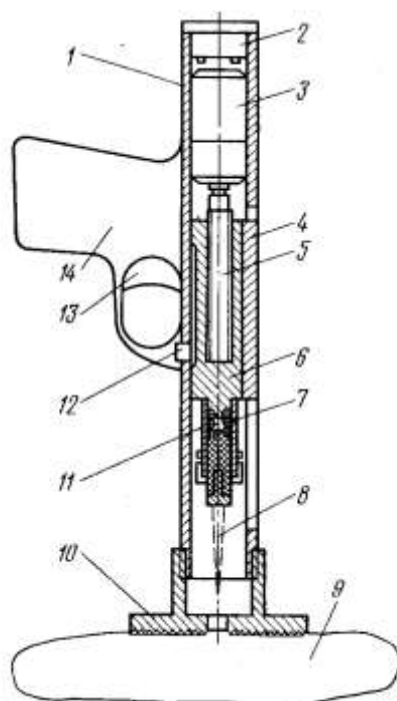


Рисунок П.В.3 – Пенетромтр для мясoпродуктов:  
1 – корпус; 2 – индикатор; 3 – реверсивный электродвигатель; 4 – направляющая рейка; 5 – редуктор и винт; 6 – площадка; 7 – датчик; 8 – индентор; 9 – исследуемый продукт; 10 – рифленая опора с отверстием; 11 – пружина; 12 – микровыключатель; 13 – пусковой рычаг; 14 – рукоятка

**Приложение Г. Конструкции приборов для измерения консистенции**

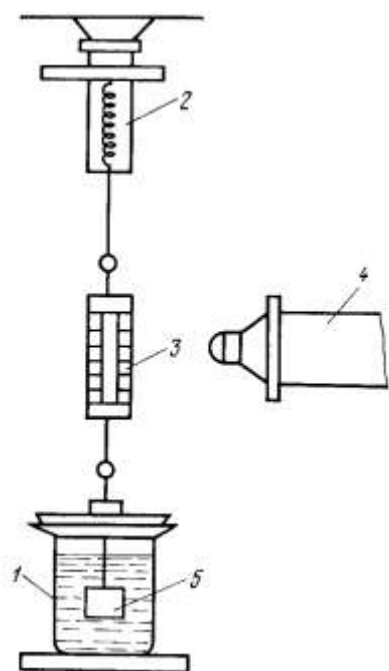


Рисунок П.Г.1 – Прибор Вейлера-Ребиндера:

- 1 – стаканчик с суспензией;
- 2 – тарировочная пружина;
- 3 – микрошкала;
- 4 – микроскоп;
- 5 – прямоугольная пластинка

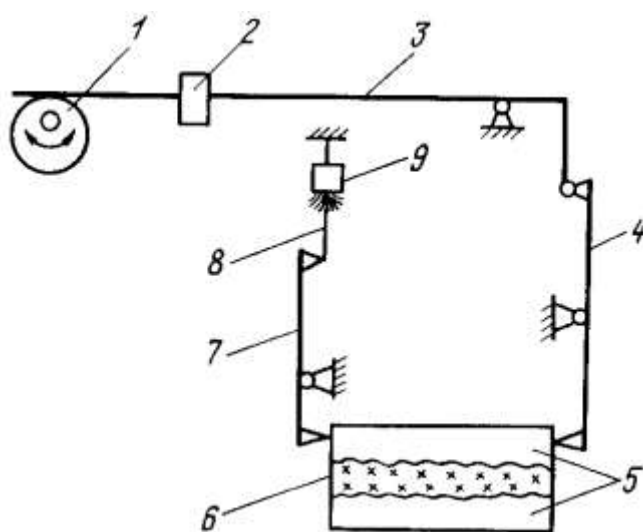


Рисунок П.Г.2 – Пластометр Д. М. Толстого:

- 1 – эксцентрик;
- 2 – гири;
- 3 – неравноплечий рычаг;
- 4 – равноплечий рычаг;
- 5 – пластина;
- 6 – образец;
- 7 – рычаг;
- 8 – упругая балочка;
- 9 – тензорезисторы

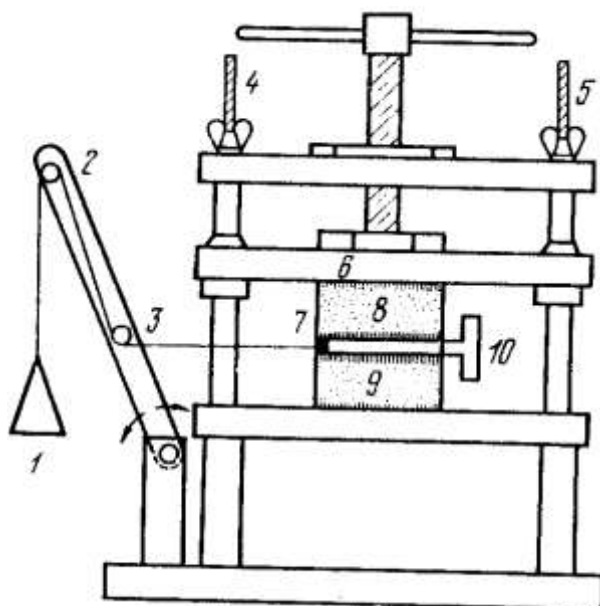


Рисунок П.Г.3 – Пластометр с горизонтальным зазором:

- 1 – грузы;
- 2, 3 – шкивы;
- 4, 5 – винты;
- 6 – подвижный стол;
- 7 – рифленая пластина;
- 8, 9 – пластины исследуемого материала;
- 10 – указатель

**Приложение Д. Конструкции приборов сжатия, растяжения, кручения**

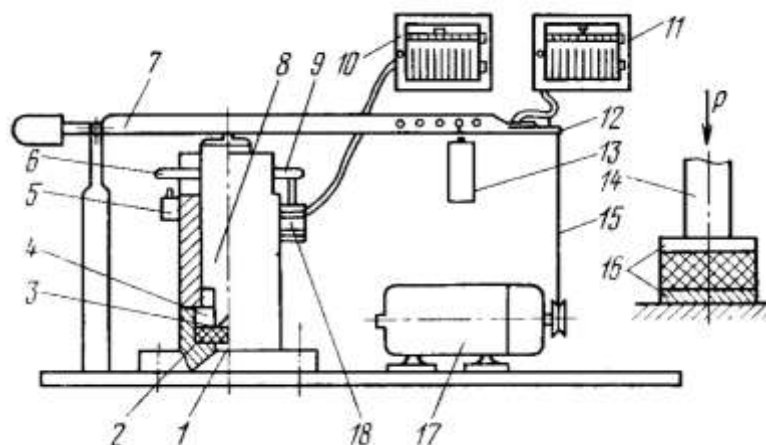


Рисунок П.Д.1 – Прибор А. Н. Познышева для испытания образцов мяса на одноосное растяжение и на срез: 1 – матрица; 2 – испытуемый образец; 3 – конусообразная выемка; 4 – камера; 5 – концевой выключатель; 6, 9 – выступы для удерживания толкателя; 7 – рычажная система; 8 – пуансон; 10 – записывающее устройство; 11 – регистрирующий прибор; 12 – тензометрическая балка; 13 – груз; 14 – толкатель; 15 – торсик; 16 – пластины; 17 – электродвигатель; 18 – индукционный датчик

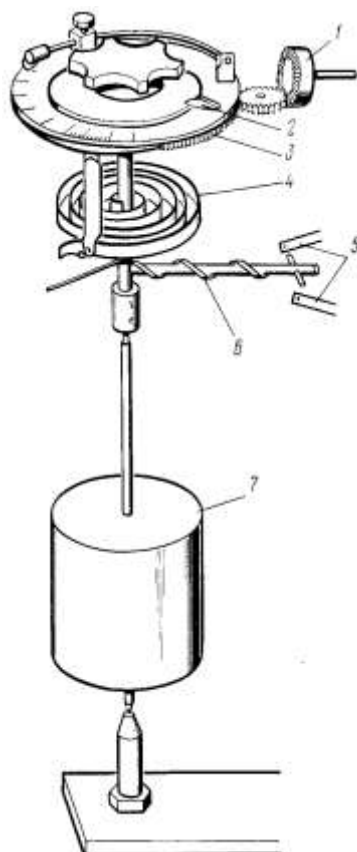


Рисунок П.Д.2 – Торсионметр:  
1 – зубчатая передача; 2 – торсионная головка; 3 – шкала; 4 – спиральная пружина;  
5 – контакт; 6 – стрелка;  
7 – цилиндр

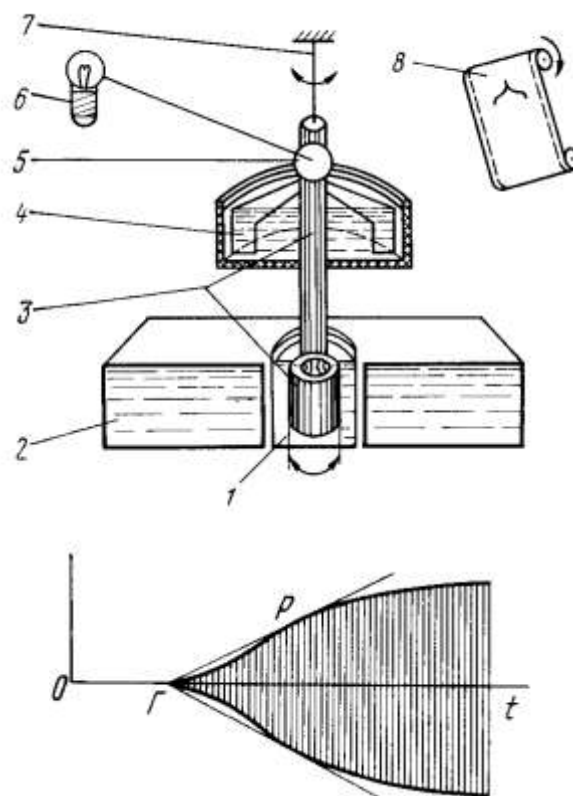


Рисунок П.Д.3 – Тромбоэластограф и тромбоэластограмма:  
1 – кювета; 2 – термостат; 3 – торсионный цилиндр; 4 – демпфирующее устройство;  
5 – отражатель; 6 – источник света; 7 – нить;  
8 – кимограф

### ***Приложение Е. Примерный перечень тем индивидуальных заданий***

- 1) Реологические свойства мороженого, обогащенного лактулозой.
- 2) Реологические свойства рубленых мясных полуфабрикатов, обогащенных порошком топинамбура.
- 3) Реологические свойства вареных колбас с пониженным содержанием нитрита натрия.
- 4) Реологические свойства рыбных белковых гидролизатов.
- 5) Реологические свойства рассольного сыра, обогащенного ламинарией.
- 6) Реологические свойства йогурта, обогащенного биомассой спирулины.
- 7) Реологические свойства рыбных колбасок.
- 8) Реологические свойства эмульсионного соуса на основе рыбного жира.
- 9) Реологические свойства мясо-печеночного паштета, обогащенного белковым гидролизатом.
- 10) Реологические свойства желейного продукта на основе гидролизата вторичного рыбного сырья.

**Приложение Ж. Пример оформления титульного листа реферата**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт агроинженерии и пищевых систем  
Кафедра пищевой биотехнологии

Индивидуальная работа  
допущена к защите:  
должность (звание), ученая степень  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Индивидуальная работа  
защищена  
должность (звание), ученая степень  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Индивидуальная работа

по дисциплине  
«РЕОМЕТРИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ»

ТЕМА

Работу выполнил:  
студент гр. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Калининград - 20\_\_



Локальный электронный методический материал

Светлана Викторовна Агафонова

РЕОМЕТРИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО  
ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Редактор Е. Билко

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 3,0. Печ. л. 2,7

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1