



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Казанский национальный исследовательский технологический университет»**  
**(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)**

---

Утверждаю

Зав. кафедрой химии и технологии  
переработки эластомеров

 Вольфсон С. И.

**Программа вступительного испытания по программе подготовки научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по специальности 2.6.11. – Технология и переработка синтетических  
и природных полимеров и композитов»**

Казань, 2025

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

## **1 Вопросы программы вступительного испытания**

### **1.1 Вопросы программы вступительного испытания в аспирантуру по кафедрам химии и технологии переработки эластомеров (ХТПЭ), технологии синтетического каучука (ТСК)**

1. Основные закономерности катионной, анионной и анионно-координационной полимеризации, способы проведения процессов.
2. Ионно-координационная полимеризация на катализаторах Циглера-Натта. Влияние типа металла переменной валентности на структуру и свойства получаемых полимеров.
3. Основные закономерности радикальной полимеризации, особенности проведения процесса в эмульсии.
4. Полимеры, в том числе каучуки, получаемые различными способами полимеризации.
5. Способы получения статистических, блок- и графтсополимеров. Термоэластопласты.
6. Основные закономерности реакций поликонденсации. Виды поликонденсационных процессов. Каучуки, получаемые методом поликонденсации.
7. Основные закономерности процесса вулканизации каучуков. Кинетический анализ процесса.
8. Серосодержащие вулканизирующие системы для ненасыщенных каучуков с ускорителями различного типа (дитиокарбаматы, тиазолы, сульфенамиды, замещенные амины). Структура пространственной сетки и свойства вулканизатов.
9. Бессерные вулканизирующие системы для ненасыщенных каучуков. Структура пространственной сетки и свойства вулканизатов.
10. Эффективные и полунэффективные серосодержащие вулканизирующие системы. Структура пространственной сетки и свойства вулканизатов.
11. Вулканизирующие системы для насыщенных каучуков. Структура пространственной сетки и свойства вулканизатов.
12. Вулканизирующие системы для каучуков с функциональными группами. Структура пространственной сетки и свойства вулканизатов.
13. Усиление каучуков наполнителями. Теоретические предпосылки процесса, структура наполненных систем.
14. Основные типы усиливающих и инертных наполнителей. Влияние свойств наполнителя на условия смешения, технологические свойства резиновых смесей и свойства вулканизатов.
15. Пластификаторы и мягчители. Назначение, принцип действия, основные типы. Влияние на свойства резиновых смесей и вулканизатов.
16. Защитные добавки. Назначение, принцип действия, основные типы. Влияние на свойства резиновых смесей и вулканизатов.
17. Технологические добавки к резиновым смесям. Назначение, принцип действия, основные типы. Влияние на свойства резиновых смесей и вулканизатов.
18. Деформация полимеров. Особенности деформации полимеров в стеклообразном, кристаллическом и высокоэластическом состоянии.
19. Теории прочности. Долговечность полимеров.
20. Термодинамические и кинетические аспекты адгезии, теории адгезии. Методы оценки адгезии. Способы повышения адгезионной прочности связи между резиной и армирующими материалами.
21. Термодинамика растворения и строение полимеров. Теория разбавленных растворов полимеров. Статистическая теория набухания сетчатых полимеров.

22. Основные понятия реологии полимеров: напряжение, деформация, скорость деформации и их математическое выражение. Механические модели: модель Максвелла, модель Кельвина-Фойгта.
23. Аномалия вязкости. Методы исследования реологических свойств каучуков и резиновых смесей.
24. Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Влияние молекулярных характеристик полимеров на технологические свойства каучуков и резиновых смесей и физико-механические свойства вулканизатов.
25. Основные закономерности смешения каучуков с ингредиентами, оборудование для смешения.
26. Приготовление резиновых смесей на вальцах.
27. Роторные смесители периодического действия. Конструкции и условия смешения. Интенсификация смешения в роторных смесителях.
28. Одностадийное приготовление резиновых смесей в роторных смесителях. Принципиальная схема процесса, достоинства, недостатки.
29. Двухстадийное приготовление резиновых смесей. Принципиальные схемы процессов, достоинства, недостатки.
30. Приготовление резиновых смесей непрерывным способом. Принципиальная схема процесса. Достоинства, недостатки.
31. Формование резиновых смесей методом каландрования. Назначение и особенности процесса, применяемое оборудование. Способы компенсации прогиба валков при каландровании. Операции, выполняемые на каландрах, каландровый эффект.
32. Формование резиновых смесей методом шприцевания. Назначение и особенности процесса. Способы повышения качества экструдированных профильных заготовок.
33. Формование, совмещенное с вулканизацией. Принцип процесса, компрессионное, плунжерное литьевое формование, группа получаемых изделий.
34. Термоэластопластичные материалы, типы, способы получения и переработки.
35. Технические способы вулканизации изделий в аппаратах периодического и непрерывного действия.
36. Повторное использование отходов основных производств резиновой промышленности и изношенных изделий.

## **1.2 Вопросы программы вступительного испытания в аспирантуру по кафедрам технологии пластических масс (ТПМ), технологии переработки полимеров и композиционных материалов (ТППКМ)**

1. Органические гомоцепные и гетероцепные полимеры. Неорганические гомоцепные и гетероцепные полимеры. Элементоорганические гомоцепные и гетероцепные полимеры. Примеры. Молекулярно-массовое распределение, молекулярная масса и полидисперсность полимеров.
2. Основные способы инициирования радикальной полимеризации. Инициаторы, мономеры, механизм радикальной полимеризации. Радикальная сополимеризация; влияние констант сополимеризации на зависимость состава сополимера от состава мономерной смеси. Способы проведения полимеризации: полимеризация в массе (в блоке), полимеризация в растворе, твердофазная полимеризация.
3. Катализаторы, мономеры, механизм катионной полимеризации. Катализаторы, мономеры, механизм анионной полимеризации. Способы проведения полимеризации: суспензионная полимеризация, эмульсионная полимеризация, газофазная полимеризация. Анионно-координационная полимеризация виниловых и диеновых мономеров.
4. Поликонденсация. Физические и химические процессы, сопутствующие поликонденсации. Реакции, осложняющие поликонденсацию. Факторы, влияющие на молекулярную массу продуктов поликонденсации. Полиприсоединение с участием виниловых мономеров. Полиприсоединение с участием мономеров, имеющих функциональные группы. Основные способы проведения поликонденсации: поликонденсация в расплаве, поликонденсация в растворе.

5. Фенолформальдегидные смолы, фенопласты. Аминоальдегидные смолы, аминопласты. Полиамиды. Полиэфиры. Полиуретаны. Основные способы проведения поликонденсации: межфазная поликонденсация и поликонденсация в твердой фазе.

6. Особенности химических превращений полимеров: конфигурационный эффект; «эффект соседа»; конформационный эффект, концентрационный эффект; надмолекулярный эффект; электростатический эффект. Разновидности внутримолекулярных превращений полимеров. Примеры.

7. Назначение и основные типы полимераналогичных превращений полимеров. Примеры.

8. Реакции химической деструкции полимеров, примеры. Физическая деструкция полимеров, разновидности, примеры. Деполимеризация. Старение полимеров и вызывающие его факторы. Назначение и механизм действия антиоксидантов, светостабилизаторов и антирадов.

9. Получение сетчатых полимеров: сшивание макромолекул, отверждение олигомеров.

10. Полимеры растительного происхождения, крахмал, целлюлоза. Особенности структуры, влияние происхождения на структуру и свойства полимеров и композитов на их основе.

11. Основные свойства полимеров, определяющие их переработку в изделия. Технологические свойства полимерных материалов. Реологические свойства. Взаимосвязь молекулярной структуры и технологических свойств полимерных материалов. Методы испытания полимерных материалов.

12. Механические свойства полимерных материалов. Прочностные и деформационные свойства. Релаксационные свойства. Зависимость свойств полимерных материалов от температуры. Взаимосвязь между структурой полимеров и их свойствами. Прогнозирование свойств изделий из полимеров на основе результатов испытаний полимеров.

13. Наполнение и наполнители. Теории усиления полимеров наполнителями. Классификация наполнителей.

14. Красящие вещества. Назначение и основные требования, предъявляемые к красителям. Неорганические красители. Органические красители. Специальные ингредиенты: модификаторы, порообразующие, антифрикционные, абразивы, антипирены и др. и их назначение.

15. Общие принципы создания полимерных композиционных материалов. Понятие, о полимерных композитах. Многообразие требований, предъявляемых к полимерным материалам различного назначения.

16. Механические свойства полимерных материалов. Прочностные и деформационные свойства. Релаксационные свойства. Зависимость свойств полимерных материалов от температуры. Взаимосвязь между структурой полимеров и их свойствами.

17. Конфигурация и конформация макромолекул. Гибкость макромолекул.

18. Молекулярная и надмолекулярная структура полимеров.

19. Стеклообразное состояние полимеров и стеклование. Теории стеклования. Влияние структуры полимера на температуру стеклования. Методы определения температуры стеклования.

20. Высокоэластическое состояние полимеров.

21. Вязкотекучее состояние полимеров.

22. Релаксационные процессы в полимерах.

23. Фазовые переходы в полимерах.

24. Реологические свойства полимеров: реологические характеристики расплавов термопластов, реологические характеристики реактопластов.

25. Механические свойства полимеров.

26. Теплофизические свойства полимеров: теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, тепловое расширение.

27. Основные закономерности экструзии. Технология изготовления однослойных труб методом экструзии из термопластов.

28. Основные закономерности экструзии. Технология изготовления листовых материалов щелевым методом из термопластов.

29. Основные закономерности экструзии. Технология изготовления пленки рукавным методом из термопластов.

30. Сущность процесса изготовления изделий из термопластов методом литья под давлением, технологические стадии. Классификации литьевых машин. Устройство и принцип работы литьевой машины. Основные типы литьевых форм для получения изделий из термопластов, основ-

ные элементы форм. Влияние технологических параметров на качество изделий, получаемых из термопластов методом литья под давлением.

31. Сущность процесса изготовления изделий из термореактопластов методом литья под давлением, технологические стадии. Основные типы литьевых форм для получения изделий из термореактопластов, основные элементы форм. Влияние технологических параметров на качество изделий, получаемых из термореактопластов методом литья под давлением.

32. Основные закономерности экструзии. Технологии изготовления многослойных труб из термопластов. Технологии изготовления гофрированных труб из термопластов.

33. Основные закономерности экструзии. Технологии изготовления многослойных листов и пленок из термопластов.

34. Технологии изготовления пустотелых изделий из термопластов: выдувание из трубчатых заготовок, изготовление пустотелых изделий из преформ, изготовление пустотелых изделий ротационным формованием.

35. Технологии формования изделий из листовых термопластичных материалов: штампование, пневмоформование, вакуум-формование, формование на поточных линиях.

36. Технологии изготовления изделий из термореактопластов методом прессования: компрессионное прессование, литьевое прессование, изготовление изделий на линиях непрерывного прессования.

## 2 Учебно-методическое обеспечение

### 2.1 Литература

При подготовке к вступительным испытаниям в аспирантуру в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

| № | Основные источники информации                                                                                                                                                                                                                      | Кол-во экз.                                                                                                                                                                                              |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Кербер, М.Л. Физические и химические процессы при переработке полимеров: учебное пособие / М.Л. Кербер [и др.]. – СПб.: НОТ, 2013. – 314 с.                                                                                                        | 1 экз. на кафедре, ЭБС «Лань»<br><a href="https://e.lanbook.com/book/35861">https://e.lanbook.com/book/35861</a><br>Доступ с любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ                  |
| 2 | Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М.Л. Кербер [и др.]; под ред. А.А. Берлина. – 4-е изд., испр. и доп. – СПб.: Профессия, 2014. – 591 с.                                                       | 15 экз. в УНИЦ КНИТУ<br>ЭБС «Znanium.com»<br><a href="http://znanium.com/go.php?id=872896">http://znanium.com/go.php?id=872896</a><br>Доступ с любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ |
| 3 | Химия и технология синтетического каучука [Учебники]: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. «Химич. технология высокомолекулярных соединений и полимерных материалов» / Л.А. Аверко-Антонович [и др.]. – М.: Химия: КолосС, 2008. – 358 с. | 350 экз. в УНИЦ КНИТУ                                                                                                                                                                                    |
| 4 | А.Е. Заикин, Полимерные композиционные материалы [Учебник] учебное пособие: Казань: Изд-во КНИТУ, 2018, 291                                                                                                                                        | 156 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»                                                                                                                                                                           |
| 5 | Бортников, В.Г. Теоретические основы и технология переработки пластических масс: учебник / В.Г. Бортников. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 480 с.                                                                                                           | 164 экз. УНИЦ КНИТУ                                                                                                                                                                                      |

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

| №  | Дополнительные источники информации                                                                                                                                                                                                                               | Кол-во экз.                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Иржак, В.И. Топологическая структура полимеров: научная монография / В.И. Иржак. – М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. – 520 с.                                                                           | 39 экз. в УНИЦ КНИТУ, электронная библиотека УНИЦ КНИТУ,<br><a href="http://ft.kstu.ru/ft/Irzhak-topologicheskaya_struktura.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/Irzhak-topologicheskaya_struktura.pdf</a><br>Доступ с любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ                                             |
| 2  | Ван Кревелен, Д.В. Свойства и химическое строение полимеров / Д.В. Ван Кревелен / пер. с англ. Ф.Ф. Ходжеванова под ред. А.Я. Малкина. – М.: Химия, 1976. – 416 с.                                                                                                | 12 экз. в УНИЦ КНИТУ                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3  | Аскадский, А.А. Компьютерное материаловедение полимеров. Т.1. Атомно-молекулярный уровень / А.А. Аскадский, В.И. Кондращенко. – М.: Научный мир, 1999. – 544 с.                                                                                                   | 2 экз. в УНИЦ КНИТУ                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 4  | Наполнители для полимерных композиционных материалов / Под ред. Г.С. Каца и Д.В. Милевски. М.: Химия, 1981. 736 с.                                                                                                                                                | 15 экз. в УНИЦ КНИТУ                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5  | Технология резины: Рецептуростроение и испытания [Электронный ресурс] : рук. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НОТ, 2010. — 620 с.                                                                                                                             | ЭБС «Лань»<br><a href="https://e.lanbook.com/book/4295">https://e.lanbook.com/book/4295</a><br>Доступ с любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ                                                                                                                                                 |
| 6  | Улитин Н.В. Методы моделирования кинетики процессов синтеза и молекулярно-массовых характеристик полимеров [Монографии]: монография / Казанский нац. исслед. технол. ун-т. – Казань, 2014. – 226 с.                                                               | 5 экз. в УНИЦ КНИТУ, электронная библиотека УНИЦ КНИТУ <a href="http://ft.kstu.ru/ft/Ulitin-metody.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/Ulitin-metody.pdf</a> Доступ с любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ                                                                                             |
| 7  | Заикин А.Е., Галиханов М.Ф. Основы создания полимерных композиционных материалов: Учебное пособие. Казань: КГТУ, 2001. 140 с.                                                                                                                                     | 11 экз. в УНИЦ КНИТУ                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8  | Основные технологические процессы переработки эластомеров: Учебное пособие / Н.А. Охотина, Э.В. Сахабиева; Казан. гос. технол. ун-т. Казань, 2011. – С. 83                                                                                                        | 70 экз. в УНИЦ КНИТУ                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 9  | Вольфсон, С.И. Реология и молекулярные характеристики эластомерных композиций: монография / С.И. Вольфсон. – Казань: Казан. гос. технол. ун-т, 2009. - 198 с                                                                                                      | 5 экз. в УНИЦ, электронная библиотека УНИЦ КНИТУ<br><a href="http://www.kstu.ru/ft/978-5-7882-0708-7-Volfson_reologia-molekharakterirtiki.pdf">http://www.kstu.ru/ft/978-5-7882-0708-7-Volfson_reologia-molekharakterirtiki.pdf</a> Доступ с любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ            |
| 10 | Вольфсон, С.И. Влияние молекулярных характеристик каучуков на реологические свойства наполненных композиций и физико-механические свойства резин: учеб. Пособие / С.И. Вольфсон, Т.В. Макаров, Ю.Н. Хакимуллин. – Казан: Казан. Гос. Технол. Ун-т, 2007. – 168 с. | 105 экз. в УНИЦ, электронная библиотека УНИЦ КНИТУ<br><a href="http://ft.kstu.ru/ft/vlianmol.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/vlianmol.pdf</a><br>Доступ с IP-адресов КНИТУ, ЭБС издательства «Лань»<br><a href="https://e.lanbook.com/book/13269">https://e.lanbook.com/book/13269</a><br>Доступ с любой точки интернет |

|    |                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                               |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                                         | после регистрации с IP-адресов КНИТУ                                                                                                                                          |
| 11 | Термоэластопласты. Джеффри Холден, Ханс Р. Крихельдорф, Родерик П. Куирк, перевод с английского 3-ого издания под ред. Б.Л. Смирнова, Профессия, Санкт-Петербург, 2011 – С. 720                                                         | ЭБС «Znanium.com»<br><a href="http://znanium.com/go.php?id=442059">http://znanium.com/go.php?id=442059</a> Доступ с любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ |
| 12 | Реологические и вулканизационные свойства эластомерных композиций: монография / И. А. Новаков, С.И. Вольфсон, О.М. Новопольцева [и др.]; под ред. И.А. Новакова. – Москва: Изд-во ИКЦ «Академкнига», 2006. – 333 с.                     | 20 экз. в УНИЦ КНИТУ                                                                                                                                                          |
| 13 | Каучук и резина. Наука и технология. Монография по редакцией Дж. Марка, Б. Эрмана, Ф. Эйрича. Перевод с англ. Под редакцией А.А. Берлина и Ю.Л. Морозова. Научное издание. — Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – С. 768 | 10 экз. в УНИЦ КНИТУ                                                                                                                                                          |

## 2.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

При подготовке к вступительным испытаниям в аспирантуру рекомендуется использование следующих электронных источников информации:

- 1.Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
- 2.Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ – режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft/>
- 3.ЭБС «Znanium.com» – режим доступа: <http://znanium.com/>
- 4.ЭБС «Лань» – режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>
- 5.ЭБС «Znanium.com» – режим доступа: <http://znanium.com/>
- 6.ЭБС «Юрайт» – Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru>
- 7.Сайт ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» (ФИПС), раздел «Информационные ресурсы» – режим доступа: <http://new.fips.ru/>
- 8.Научная электронная библиотека – режим доступа: <https://elibrary.ru/>
- 9.Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ Рос-сии) – режим доступа: <http://www.gpntb.ru/>
- 10.Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии Информа-ционный портал по стандартизации – режим доступа: <http://standard.gost.ru/wps/portal/>