

УТВЕРЖДАЮ

Врио проректора по научной работе и

инновационной деятельности

ЮРГПУ (НПИ),

Зайцев Роман Геннадиевич



2025 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Южно-Российский государственный политехнический  
Университет (НПИ) имени М.И. Платова»**

Диссертация «Синтез основ полиолефиновых масел путем олигомеризации олефинов, полученных по Фишеру-Тропшу» выполнена на кафедре «Химические технологии» и в НИИ «Нанотехнологии и новые материалы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова».

В период подготовки диссертации соискатель Катария Яш Виджай работал в Южно-Российском государственном политехническом университете (НПИ) имени М.И. Платова в должности инженера НИИ «Нанотехнологии и новые материалы» (с 10.2023 г. по 07.2024 г.), ассистента кафедры «Химические технологии» (с 10.2024 г. по 08.2025 г.), по внутреннему совместительству: инженера (с 10.2024 г. по 12.2024 г.), инженера 1 категории (с 12.2024 г. по 08.2025 г.) НИИ «Нанотехнологии и новые материалы», аспирант очного обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (срок обучения с 01.09.25 г. – 31.08.29 г.).

В 2025 году Катария Я.В. с отличием окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология».

**Научный руководитель** – доктор технических наук, доцент Кашпарова Вера Павловна, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», кафедра

«Химические технологии», доцент.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

### **1. Цель и актуальность работы**

Цель настоящего исследования – разработка технологии получения основ синтетических полиолефиновых масел путем олигомеризации смеси олефинов различного строения, полученных синтезом Фишера-Тропша.

Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки современных отечественных технологий получения синтетических полиолефиновых масел и основ для них.

Следует отметить, что в настоящее время такие отечественные технологии в РФ отсутствуют. Кроме того, получение полиолефиновых масел на основе  $\alpha$ -олефинов по зарубежным технологиям осуществляют с использованием в качестве катализаторов кислот Льюиса, таких как  $\text{BF}_3$  и  $\text{AlCl}_3$  или катализаторов металлоценового ряда. Использование таких каталитических систем либо экологически небезопасно, либо высокзатратно и связано с дополнительными расходами на обеспечение безопасного ведения технологического процесса, а также на удаление остатков катализаторов. В научной и технической литературе практически отсутствуют сведения об использовании радикальной и окислительной олигомеризации для получения полиолефиновых масел. В то же время проведение процесса радикальной полимеризации виниловых мономеров проще в аппаратном оформлении и не требует таких жестких условий, как в случае использования  $\text{BF}_3$  и  $\text{AlCl}_3$ . В связи с этим актуальными являются исследования, направленные на поиск новых подходов, прежде всего с применением радикальных инициаторов и окислительных сшивающих агентов, для получения полиолефиновых масел и основ для них как с использованием традиционных мономеров, таких как 1-децен, так и на основе продуктов синтеза Фишера–Тропша – смесей углеводородов, обогащенных олефинами различного строения.

Тема диссертационного исследования соответствует научному направлению университета «Теоретические основы ресурсосберегающих химических технологий, создания перспективных материалов, способов преобразования энергии и защиты окружающей среды», утвержденного ученым советом ЮРГПУ (НПИ) 29 декабря 2021 г., протокол № 5, и стратегии научно-технологического развития Российской Федерации утвержденной указом Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145), пункт 21 (б) «переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников энергии способов ее передачи и хранения».

Работа поддержана различными фондами и государственными программами в рамках проектов, выполненных при непосредственном участии соискателя (РНФ № 23-23-00466; Министерство науки и высшего образования РФ, проект FENN-2024-0002 №124040800037-1).

Тема диссертации утверждена ученым советом технологического факультета 24 июня 2025 г., протокол № 14.

## **2. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации**

Личный вклад состоит в непосредственном участии во всех этапах диссертационного исследования: постановке задач, проведении экспериментальных исследований, получении, интерпретации, систематизации результатов экспериментальных и теоретических исследований, подготовке основных публикаций по выполненной работе, апробации и внедрении разработанных способов олигомеризации смеси олефинов.

Лично получены следующие научные результаты:

1. Разработана технология получения основ синтетических полиолефиновых масел радикально-инициированной олигомеризацией смеси олефинов различного строения;

2. Разработаны технологические рекомендации по получению основ синтетических полиолефиновых масел окислительной олигомеризацией олефинов углеводородных фракций  $C_{10}$ - $C_{15}$ , синтезированных по Фишеру-Тропшу;

3. Определены физико-химические свойства (кинематическая вязкость при температуре 100 °С, индекс вязкости, плотность, температура застывания) – основ синтетических полиолефиновых масел – продуктов радикальной и окислительной олигомеризации 1-децена и синтетических фракций углеводородов  $C_5$ - $C_{10}$  и  $C_{11}$ - $C_{18}$ , а также  $C_{10}$ - $C_{15}$ , полученных Фишеру-Тропшу;

4. Разработана принципиальная технологическая схема получения основ синтетических полиолефиновых масел путем окислительной олигомеризацией олефинов углеводородной фракции  $C_{10}$ - $C_{15}$ , синтезированных по Фишеру-Тропшу.

## **3. Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Достоверность полученных результатов и выводов диссертационной работы базируется на большом объеме экспериментальных исследований; согласованности с основными научными положениями, разработанными ведущими учеными в области полимеризации олефинов и получения синтетических полиолефиновых масел; использовании для исследований современных физико-химических методов с применением поверенного сертифицированного оборудования, в том числе оборудования ЦКП «Нанотехнологии» ЮРГПУ (НПИ), НИИ «Нанотехнологии и новые материалы», и высокой воспроизводимости экспериментальных данных в пределах заданной точности, а также широким обсуждением результатов исследований на научных конференциях различного уровня.

## **Научная новизна результатов проведенных исследований**

1. Разработаны научно обоснованные технологические решения для получения основ синтетических полиолефиновых масел путем радикальной и

окислительной олигомеризации внутренних и терминальных олефинов углеводородных фракций  $C_5$ - $C_{10}$ ,  $C_{10}$ - $C_{15}$  и  $C_{11}$ - $C_{18}$ , полученных синтезом Фишера-Тропша, которые позволяют превращать нецелевые продукты – смесь олефинов – в продукты с добавленной стоимостью.

2. Доказана перспективность применения радикальной олигомеризации олефинов линейного и разветвленного строения, содержащихся в углеводородных фракциях  $C_5$ - $C_{10}$  и  $C_{11}$ - $C_{18}$  синтеза Фишера-Тропша, для получения основ синтетических полиолефиновых масел. Обоснован выбор инициатора и установлены закономерности влияния температуры (100-240 °С), содержания инициатора (0,1-1,5 масс. %), продолжительности синтеза (3-36 ч), природы и загрузки растворителя на выход продуктов олигомеризации.

3. Впервые осуществлена окислительная олигомеризация внутренних и терминальных олефинов фракции углеводородов  $C_{10}$ - $C_{15}$ , полученных синтезом Фишера-Тропша, с использованием в качестве катализаторов коммерчески доступных сиккативов на основе октоатов металлов. Установлены закономерности влияния температуры (100-200°С), загрузки катализатора (1,0-10,0 масс. %), продолжительности синтеза (6-36 ч) и давления воздуха (0,1-7,5 МПа) на выход продуктов окислительной олигомеризации.

4. Предложен механизм окислительной олигомеризации олефинов линейного и разветвленного строения под действием октоатов металлов.

#### **Практическая значимость результатов исследований**

В результате выполнения диссертационной работы получены следующие результаты, имеющие практическую значимость:

1. Разработана технология получения основ синтетических полиолефиновых масел радикальной олигомеризацией олефинов бензиновой и дизельной фракций, полученных синтезом Фишера-Тропша и даны технологические рекомендации проведения процесса: температура 200 °С, загрузка инициатора – АБДН 0,5 масс. % (по отношению к содержанию олефинов в синтетической углеводородной фракции), растворитель ацетон (66,7 об. %), продолжительность реакции 12 часов, что приводит к выходу продукта 36,0 масс. % (для фракции  $C_5$ - $C_{10}$ ) и 39,5 масс. % (для фракции  $C_{11}$ - $C_{18}$ ).

2. Разработана технология получения основ синтетических полиолефиновых масел путём окислительной олигомеризации олефинов синтетической углеводородной фракции  $C_{10}$ - $C_{15}$ , полученных синтезом Фишера-Тропша, и определены оптимальные технологические параметры проведения процесса: температура 160 °С, содержание катализатора – октоат циркония 5,0 масс. %, (по отношению к содержанию олефинов в синтетической углеводородной фракции), продолжительность реакции 6 часов и давление воздуха 2,5 МПа, что приводит к выходу продуктов олигомеризации 52,7 масс. %.

3. Определены эксплуатационные свойства (кинематическая вязкость при температуре 100 °С, индекс вязкости, плотность, температура застывания)

продуктов радикальной и окислительной олигомеризации 1-децена и олефинов синтетических фракций углеводородов  $C_5$ - $C_{10}$  и  $C_{11}$ - $C_{18}$ , а также  $C_{10}$ - $C_{15}$ , полученных по Фишеру-Тропшу. Лучшими эксплуатационными свойствами обладает DIS - 2М – продукт окислительной олигомеризации олефинов фракции  $C_{10}$ - $C_{15}$ , который по своим параметрам близок к промышленным образцам ( $v_{100}$  – 10,9 сСт, ИВ – 100,  $\rho$  – 800 кг/м<sup>3</sup> и  $t_{заст}$  – минус 31 °С).

4. Разработана принципиальная технологическая схема синтеза основ полиолефиновых масел путем окислительной олигомеризации олефинов фракции углеводородов  $C_{10}$ - $C_{15}$ , полученных по Фишеру-Тропшу.

5. Разработанные способы олигомеризации олефинов синтетических углеводородных фракций, полученных синтезом Фишера-Тропша, прошли экспертизу в ООО «Северо-Кавказский экспертный центр», подтверждено, что разработанные технологические рекомендации и принципиальная технологическая схема могут быть использованы на предприятиях нефтехимии для получения основ синтетических полиолефиновых масел.

6. Результаты проведенных исследований внедрены в ЮРГПУ (НИП) в учебный процесс подготовки бакалавров и магистров по направлению 18.03.01 и 18.04.01 «Химическая технология» по дисциплинам «Химия высокомолекулярных соединений», «Общая химическая технология полимеров» и «Технология полимеров».

#### **Ценность научных работ соискателя**

Ценность научных трудов соискателя состоит в том, что раскрыты закономерности влияния состава фракции углеводородов, синтезированных по Фишеру-Тропшу, и способа их олигомеризации на физико-химические характеристики (кинематическая вязкость, индекс вязкости, температура застывания, плотность) получаемых продуктов.

Проведены кинетические исследования процессов радикальной и окислительной олигомеризации синтетической углеводородной фракции, содержащей олефины различного строения. В результате проведенных исследований определены константы скорости реакций радикально-инициированной и окислительной олигомеризации смесей алкенов, синтезированных по Фишеру-Тропшу.

Важными преимуществами разработанных технологий является:

– использование в качестве исходного сырья вместо альфа-олефинов (1-децен, 1-додецен и др.) неразделенных смесей олефинов и парафинов различного строения, полученных из СО и Н<sub>2</sub> в результате синтеза Фишера-Тропша;

– проведение реакции олигомеризации олефинов с применением коммерчески доступных и стабильных инициаторов/катализаторов – АБДН и октоата циркония – без использования более дорогих металлоценовых или опасных в обращении и токсичных катализаторов, таких как  $BF_3$  и  $AlCl_3$ .

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором**

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 10 научных работах (общим объемом 4,97 п. л., вклад соискателя 3,04 п. л.), из них работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях из перечня Минобрнауки России – 4, из них работ, опубликованных в отечественных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science – 2, в зарубежных изданиях, включенных в наукометрические базы данных Scopus и Web of Science – 2; материалов всероссийских и международных конференций – 5.

Основные научные результаты достаточно полно отражены:

– в работах, опубликованных в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Kataria Y. V., Kashparova V. P., Klushin V. A., Papeta O. P., Yakovenko R. E., Zubkov I. N. Oligomerization of Fischer-Tropsch Olefins by Radical Initiation Method for Synthesizing Poly Olefin Base Oils //Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis. – 2024. – V. 19. – N. 3. – P. 539-547 (1,05/0,65);

2. Катария Я. В., Клушин В. А., Кашпарова В. П., Сотников, А. В., Яковенко Р. Е., Савостьянов А. П., Зубков И. Н. Окислительная олигомеризация синтетической фракции углеводородов синтеза Фишера-Тропша //Катализ в промышленности. – 2025. – Т. 25. – №. 1. – С. 66-73 (0,93/0,54);

3. Kataria Y. V., Kashparova V. P., Klushin V. A., Zubkova M. A., Yakovenko R. E., Zubkov I. N. Получение основ полиальфаолефиновых масел из СО и Н<sub>2</sub> по методу Фишера-Тропша. Часть 1. Олигомеризация синтетической бензиновой фракции, обогащенной алкенами по радикальному механизму //Известия высших учебных заведений. Серия «химия и химическая технология». – 2025. – Т. 68. – №. 4. – С. 73-82 (1,17/0,74);

4. Kataria Y. V., Lavrenov S. A., Yakovenko E. Y., Klushin V. A., Yakovenko R. E., Kashparova V. P., Zubkov I. N. Oxidative Oligomerization of Fischer-Tropsch Internal Olefins Catalyzed by Metal Octoates of s, p and d Block Elements // Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis. – 2025. V. 20. – N. 3. – P. 403-410 (0,93/0,58);

Научные результаты диссертации отражены также в следующих научных изданиях:

1. Катария Я. В., Кашпарова В. П., Клушин В. А., Чемес А. А., Яковенко Р. Е., Зубков И. Н. Получение базовых полиальфаолефиновых масел путем олигомеризации децена-1 по радикальному механизму// Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2024. – Т. 68. – №. 4. – С. 8-11. (0,47/0,26).

Результаты диссертационных исследований докладывались на 5 всероссийских и международных конференциях, в том числе: XX, XXI

Международная научно-практическая конференция «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения» (п. Эльбрус, 2024 и 2025 г.), VII Всероссийская научно-практическая конференция «Водородная маевка» (п. Мезмай, 2025 г.), IX Всероссийская научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Химия: достижения и перспективы» (г. Ростов-на-Дону, 2024 г.), XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, (Федеральная территория «Сириус», 2024 г.).

**Личный вклад автора** в опубликованных в соавторстве работах состоит в выборе объектов исследований, постановке задач и проведении исследований (№№ 1–5), интерпретации полученных результатов (№№ 1-5), разработке научных и технологических основ получения синтетических базовых полиолефиновых масел радикально-инициированной олигомеризацией олефинсодержащих бензиновой и дизельной фракций, полученных методом Фишера-Тропша (№№ 1-5), подготовке материалов к опубликованию (№№ 1-5).

#### **8. Научная специальность и отрасль науки, которым соответствует диссертация**

Диссертационная работа Катария Яш Виджай «Синтез основ полиолефиновых масел путем олигомеризации олефинов, полученных по Фишеру-Тропшу» соответствует паспорту научной специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения технической отрасли науки, в частности, согласно паспорту специальности, следующему направлению исследований:

– п.2 «Синтез олигомеров, в том числе специальных мономеров, связь их строения и реакционной способности. Катализ и механизмы реакций полимеризации, сополимеризации и поликонденсации с применением радикальных, ионных и ионно-координационных инициаторов, их кинетика и динамика. Разработка новых и усовершенствование существующих методов синтеза полимеров и полимерных форм» (рассматриваются вопросы получения основ синтетических полиолефиновых масел радикально-инициируемой и окислительной олигомеризацией олефинов, полученных по Фишеру-Тропшу);

#### **9. Выводы**

Диссертация «Синтез основ полиолефиновых масел путем олигомеризации олефинов, полученных по Фишеру-Тропшу» оформлена в соответствии с пунктом 30 Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук и с ГОСТом Р 7.0.11-2011.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым Положением о присуждении ученых степеней к кандидатским диссертациям, в том числе:

– п. 9, является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения и разработки по получению основ синтетических полиолефиновых масел радикальной и окислительной олигомеризацией олефинов бензиновой и дизельной фракций.

углеводородов, полученных по Фишеру-Тропшу, позволяющие сократить затраты на их производство, что имеет существенное значение для развития химической и нефтехимической промышленности страны;

- п. 14, в диссертации соискатель ссылается на автора и (или) источник заимствования материалов или отдельных результатов. При использовании результатов научных работ, выполненных лично и (или) в соавторстве, соискатель отметил это обстоятельство.

Диссертация «Синтез основ полиолефиновых масел путем олигомеризации олефинов, полученных по Фишеру-Тропшу» Катария Яш Виджай рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения.

Рекомендовать соискателю Катария Яш Виджай сдать кандидатский экзамен по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Химические технологии».

Присутствовали на заседании – 38 чел., в том числе – 8 докторов наук  
Результаты голосования: «за» – 38 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет,  
протокол № 1 от 02 сентября 2025 г.

Председательствующий на расширенном  
заседании кафедры «Химические технологии»  
д.т.н., доцент, заведующий кафедрой  
«Химические технологии»

 М.С. Липкин

Подпись Липкина М.С. заверяю

Начальник управления  
персоналом ЮРГПУ (НПИ)



Г.Г. Иванченко