ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора НЦ-28
_____ С.В. Степаненко
«30» марта 2022 г.
Аттестат аккредитации МТ РФ ФАВТ (Росавиация)
№ ИЛ-002 действителен до 06.03.2027 г.

З А К Л Ю Ч Е Н И Е № 13-2022/ЦС ГСМ-ПК
по результатам проведения лабораторных испытаний воздействия компонентов антикоррозионного покрытия марки ТРЭПП-РВ-726Н производства ОАО «ХИМИК» на эксплуатационные свойства топлива для реактивных двигателей.

договор с АО ГК «ХИМИК»
№ 363/22-288 от 04.02.2022

Право пользования настоящим заключением принадлежит
АО ГК «ХИМИК»
Срок действия не более 5 лет.

Материалы заключения не подлежат тиражированию без согласия
ФГУП ГосНИИГА.

Москва 2022

1. ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Определить влияние компонентов антикоррозионного покрытия марки ТРЭПП-РВ-726Н производства ОАО «ХИМИК» на качество топлива для реактивных двигателей марки ТС-1 после контакта с образцами покрытия в установленных условиях в соответствии с «Методикой исследования воздействия антикоррозионного покрытия резервуаров на эксплуатационные свойства топлива для реактивных двигателей».

Работа проводится в рамках «Требований к антикоррозионным покрытиям резервуаров для хранения авиаГСМ». (Письмо ГСГА № 17.4-34ГА от 21.06.2002)

2. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ:

2.1. ТРЭПП-РВ-726Н является двухкомпонентным эпоксидным покрытием с низким содержанием растворителей. В состав лакокрасочного материала ТРЭПП-РВ-726Н входят следующие компоненты:

- Эмаль ТРЭПП-РВ-726Н (основа), жидкость серого цвета - 0,2 л;
- ТРЭПП-О-5 (отвердитель), суспензия темно-коричневого цвета – 0,2 л;

2.2. Покрытие системы ТРЭПП-РВ-726Н представлено на металлических пластинках размером 100х70х4 мм в количестве 25 штук. Покрытие нанесено на пластинку с двух сторон с защитой кромок тем же материалом.

2.3. Авиатопливо ТС-1, соответствующее ГОСТ 10227-86 с изм. 1-6.

2.4. Сопроводительная документация:

- акт изготовления образцов эмали ТРЭПП-РВ-726Н от 24.01.2022;
- копия сертификата качества № 335 на эмаль ТРЭПП-РВ-726Н, ТУ 2312-171-00205357-2014, дата изготовления: декабрь 2021;
- копия сертификата качества № 334 на отвердитель ТРЭПП-О-5, ТУ 2312-171-00205357-2014, дата изготовления: декабрь 2021.

3. АППАРАТУРА, ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ:

3.1. Оборудование, приборы, посуда, реактивы и материалы, необходимые для исследования топлива для реактивных двигателей по ГОСТ 10227-86 с изм.1-6 в полном объеме.

3.2. Стеклянная посуда.

3.3. Прецизионный рефрактометр Аббе «NAR-3T» с диапазоном измерений 1,30000-1,71000 nD.

3.4. Фурье-спектрометр инфракрасный Nicolet iS 10.

3.5. Спектрометр эмиссионный с индуктивно-связной плазмой модели iCap 7400 Duo.

3.6. Камера осветительная для люминесцентного метода исследования на длинах волн 365 и 254 нм.

3.7. Хромометр Сейболта модель К-13009 со стандартной цветовой шкалой.

3.8. Анализатор термоокислительной стабильности PAC-Alcor JFTOT III.

3.9. Рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный (WDX) спектрометр «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV».

3.10. Оборудование для определения зольности компонентов покрытия.

3.11. Кулонометрический титратор методом Фишера марки C10S.

4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ:

4.1. Объем работ и последовательность их выполнения определены «Методикой исследования воздействия антикоррозионного покрытия резервуаров на эксплуатационные свойства топлива для реактивных двигателей».

4.2. Исходное авиатопливо марки ТС-1 исследовалось на соответствие физико-химических показателей качества топлива требованиям ГОСТ 10227-86 с изм. 1-6.

Дополнительно в авиатопливе определялось:

- Показатель преломления по ГОСТ 18995.2-73.
- Содержание воды методом Фишера по ГОСТ 24614-81.
- Люминесцентное свечение на длинах волн 365 и 254 нм.
- Фильтруемость по методике ГосНИИ ГА.
- Стандартный метод определения цвета по Сейболту (колориметр Сейболта) по ASTM D156.
- Состав фактических смол авиатоплива методом инфракрасной спектроскопии.

4.3. Исследование состава компонентов, входящих в состав лакокрасочного противокоррозионного покрытия, осуществлялось методами инфракрасной спектроскопии, рентгеноспектрального анализа. Определялось процентное содержание зольных остатков, полученное после сжигания лакокрасочных материалов, по методике ГосНИИ ГА.

Содержание растворенных элементов определялось на эмиссионном спектрометре с индуктивно-связной плазмой.

4.4. Оценка возможного взаимодействия антикоррозионного покрытия с топливом для реактивных двигателей проводилась по следующей схеме:

- были сформированы 3 системы «противокоррозионное покрытие - авиатопливо» с соотношением площади контакта к количеству топлива 1: 1,5 ($см^2/см^3$).

  - **система № 1** выдерживается 72 часа при комнатной температуре (20±3°С) в режиме перемешивания 3 раза в рабочие сутки;
  - **система № 2** выдерживается 168 часов, при комнатной температуре (20±3°С)
  - в режиме перемешивания 3 раза в рабочие сутки;
  - **система № 3** выдерживается 504 часа, при комнатной температуре (20±3°С) в режиме перемешивания 3 раза в рабочие сутки;

• по истечении установленного времени образцы антикоррозионного покрытия удалялись из топлива, оценивался внешний вид образцов и внешний вид покрытия на образцах. После контакта в течение установленного времени авиатопливо каждой системы исследовалось по показателям, установленным Методикой.

4.5. Сравнение и анализ полученных результатов испытаний.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

5.1. Компоненты антикоррозионного покрытия.

Результаты исследования состава исходных компонентов антикоррозионного покрытия представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1. Результаты определения зольности компонентов покрытия марки ТРЭПП-РВ-726Н

Таблица 1

Компоненты покрытия	Зольность, % масс.
Эмаль ТРЭПП-РВ-726Н (основа)	40,3
ТРЭПП-О-5 (отвердитель)	менее 1

Таблица 2. Результаты исследования зольных остатков компонентов антикоррозионного покрытия рентгенофлуоресцентным методом.

Таблица 2

Компоненты покрытия марки «ТРЭПП-РВ-726Н»	**Элементы, %**													
	Al	**Si**	**P**	**Cl**	**Ca**	**Ti**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Cu**	**Zn**	**Sr**	**S**	**Ba**
Эмаль ТРЭПП-РВ-726Н (основа)	**11,7**	**16,5**	**5,4**	0,3	1,8	**18,4**	**5,4**	0,1	**4,2**	0,1	**31,7**	**4,4**	-	-
ТРЭПП-О-5 (отвердитель)	**5,0**	**10,1**	-	0,4	**5,7**	**3,5**	0,7	-	**58,1**	0,7	1,8	-	**6,5**	**7,5**

При исследовании методом фундаментальных параметров за 100 % принимается суммарное количество элементов от Al доU, присутствующих в компонентах покрытия, без учета углеводородной основы.

Как следует из данных таблицы 2, в составе неорганической части:

- основы ТРЭПП-РВ-726Н, **преобладают** цинк, титан, кремний, алюминий, **присутствуют** фосфор, хром, железо, стронций;

- отвердителя ТРЭПП-О-5 **преобладает** железо, **присутствуют** кремний, барий, сера, кальций, алюминий, титан.

ИК-спектры жидких материалов, используемых при нанесении антикоррозионного покрытия, прилагаются. ИК-спектры внесены в банк данных ГосНИИГА. (ИК-спектры № 1-13/2022, 2-13/2022 прилагаются)

Результаты исследования жидких компонентов методом люминесцентного анализа при облучении светом с длиной волны λ=254 нм и λ=365 нм приведены в таблице № 3.

Таблица 3

Компоненты покрытия	Люминесцентное свечение	
	При λ=254 нм	При λ=365 нм
Эмаль ТРЭПП-РВ-726Н (основа)	отсутствует	отсутствует
ТРЭПП-О-5 (отвердитель)	отсутствует	присутствует

Как следует из данных таблицы № 3 люминесцентное свечение в жидких образцах антикоррозионного покрытия марки ТРЭПП-РВ-726Н отсутствует, за исключением образца отвердителя ТРЭПП-О-5.

При облучении образца отвердителя УФ-светом с длиной волны λ=365 нм присутствует люминесцентное свечение молочного цвета, на длине волны λ=254 нм люминесцентное свечение отсутствует. Результаты внесены в банк данных Института.

5.2. Металлические образцы с нанесенным покрытием

Предоставленные образцы светло-серого цвета на металлической пластинке, размером 100х70х4 мм. Поверхность пластин гладкая, матовая. Перед погружением все пластины протерты ветошью, смоченной в испытываемом керосине. При протирке ветошью с приложением усилия на светлой ткани следы не остаются.

После выдержки в контакте с авиатопливом поверхность представленных пластин остается без изменений. При протирке ветошью с приложением усилия на светлой ткани следы не остаются.

5.3. Исходное авиатопливо.

Значения проверенных физико-химических и эксплуатационных показателей качества исходного топлива марки ТС-1 соответствуют требованиям ГОСТ 10227-86 с изм. 1-6. (Результаты приведены в таблице 4).

5.3.1. Исходное авиатопливо прозрачное, цвет авиатоплива по шкале Сейболта составляет больше +30 баллов.

5.3.2. Значения дополнительных показателей не выходят за пределы статистических данных, имеющихся в Институте, для штатных авиатоплив.

5.3.3. Значение конечной скорости фильтруемости топлива в пробе исходного топлива составило 57 усл.ед., что находится на уровне статистических данных для штатных авиатоплив и исходного топлива (не менее 30 усл.ед при прокачке 1000 мл).

5.3.4. Исходное авиатопливо было исследовано на содержание растворенных металлов на эмиссионном спектрометре с индуктивно-связной плазмой атомно-абсорбционным методом. Содержание растворенных металлов и элементов в топливе находится ниже предела обнаружения. (Таблица 5)

5.3.5. При облучении фактических смол, выделенных из исходного топлива УФ-светом с длиной волны λ=254 нм и λ=365 нм люминесцентное свечение отсутствует.

При облучении проб исходного авиатоплива после контакта с ЛКП УФ-светом с длиной волны λ=254 нм и λ=365 нм люминесцентное свечение отсутствует.

5.3.6. Инфракрасный спектр фактических смол исходного топлива характерен спектру фактических смол топлива для реактивных двигателей марки ТС-1 (ИК-спектр № 3-13/2022 прилагается).

5.4. Авиатопливо после контакта с образцами системы покрытия ТРЭПП-РВ-726Н.

Результаты исследования физико-химических и эксплуатационных показателей авиатоплива после контакта с образцами покрытия приведены в таблице 4. В результате проведенных исследований топлива для реактивных двигателей после его контакта с образцами-свидетелями антикоррозионного покрытия установлено:

5.4.1. Авиатопливо систем № 1, 2, 3 после контакта с образцами покрытия прозрачное. Цвет авиатоплива по шкале Сейболта до и после контакта с покрытием не изменился и составляет больше +30 баллов.

5.4.2. Авиатопливо системы № 3 выдерживает испытание по показателю «термоокислительная стабильность при контрольной температуре 260 °С» на установке Джефтот (протокол № D 3088 прилагается).

5.4.3. При облучении фактических смол, выделенных из топлива систем № 1, 2, 3, УФ-светом с длиной волны λ=254 нм и λ=365 нм люминесцентное свечение отсутствует.

При облучении проб авиатоплива после контакта с ЛКП УФ-светом с длиной волны λ=254 нм и λ=365 нм люминесцентное свечение отсутствует.

5.4.4. Значение конечной скорости фильтруемости топлива в пробе системы № 3 после контакта 21 сутки с покрытием составило 51 усл.ед., что находится на уровне статистических данных для штатных авиатоплив и на уровне исходного топлива (не менее 30 усл.ед при прокачке 1000 мл).

5.4.5. Значения дополнительных физико-химических и эксплуатационных показателей: «содержание растворенной воды», «показатель преломления» находятся на одном и том же уровне в пробах топлива отобранных до и после контакта с покрытием, с учетом точностных характеристик методов испытаний.

5.4.6. Авиатопливо до и после контакта с образцами покрытия было исследовано на содержание растворенных металлов на эмиссионном спектрометре с индуктивно-связной плазмой. Результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5

Исследованное топливо	Ba (барий), % масс.	Ca (кальций), % масс.	Ti (титан), % масс.	Si (кремний % масс.	Al (алюминий % масс.	Fe (железо), % масс.	Zn (цинк), % масс.
исходное топливо	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$

Исследованное топливо	Ba (барий), % масс.	Ca (кальций), % масс.	Ti (титан), % масс.	Si (кремний % масс.	Al (алюминий % масс.	Fe (железо), % масс.	Zn (цинк), % масс.
топливо системы № 1 (3 суток)	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$
топливо системы № 2 (7 суток)	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$
топливо системы № 3 (21 сутки)	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$

Примечание: *«<» – знак обозначает, что содержание данного элемента меньше предела обнаружения.*

Проведенные исследования содержания растворенных элементов в составе проб топлива систем № 1, 2, 3 позволяют сделать вывод об отсутствии алюминия, кремния, титана, кальция, железа, цинка и бария в указанных пробах в растворенном состоянии в пределах чувствительности метода.

5.4.7. В ИК-спектрах фактических смол, выделенных из авиатоплива, которое находилось в контакте с образцами покрытия в течение установленного времени, веществ нетопливного происхождения и веществ, входящих в состав покрытия, не обнаружено. ИК-спектры подобны между собой и ИК-спектру фактических смол, выделенных из исходного авиатоплива марки ТС-1 (ИК-спектры № 4-15/2022, 5-13/2022, 6-13/2022 прилагаются).

ВЫВОДЫ:

На основании результатов испытаний образцов топливостойкого противокоррозионного покрытия марки ТРЭПП-РВ-726Н серого цвета на металлической основе по «Методике исследования воздействия антикоррозионного покрытия резервуаров на эксплуатационные свойства топлива для реактивных двигателей» установлено:

1. Значения проверенных физико-химических и эксплуатационных показателей качества исходного топлива марки ТС-1 соответствуют требованиям ГОСТ 10227-86 с изм. 1-6. Значения дополнительных показателей не выходят за пределы статистических данных для штатных топлив.
2. Значения проверенных физико-химических и эксплуатационных показателей топлива после контакта с покрытием соответствуют требованиям ГОСТ 10227-86 с изм.1-6. Значения дополнительных показателей не выходят за пределы статистических данных для штатных топлив.
3. Значения проверенных физико-химических и эксплуатационных показателей проб топлива до и после контакта с образцами покрытия находятся на одном уровне с учетом точностных характеристик методов испытаний.

4. Органических веществ и неорганических элементов, входящих в состав лакокрасочного покрытия марки ТРЭПП-РВ-726Н, в авиатопливе марки ТС-1 после контакта с покрытием в пределах чувствительности применяемых методов не обнаружено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

По результатам проведенных испытаний предоставленное топливостойкое противокоррозионное покрытие марки ТРЭПП-РВ-726Н серого цвета производства ОАО «ХИМИК» может применяться для покрытия внутренней поверхности емкостей хранения топлива для реактивных двигателей при условии выполнения остальных положений «Требований к антикоррозионным покрытиям резервуаров для хранения авиаГСМ» (письмо ГСГА № 17.4-34ГА от 21.06.2002).

Начальник ИЛ НЦ-28 **Л.В. Ковба**

Заместитель начальника ИЛ НЦ-28 **О.Б. Азжеурова**

Научный сотрудник ИЛ НЦ-28 **Н.В. Морозова**

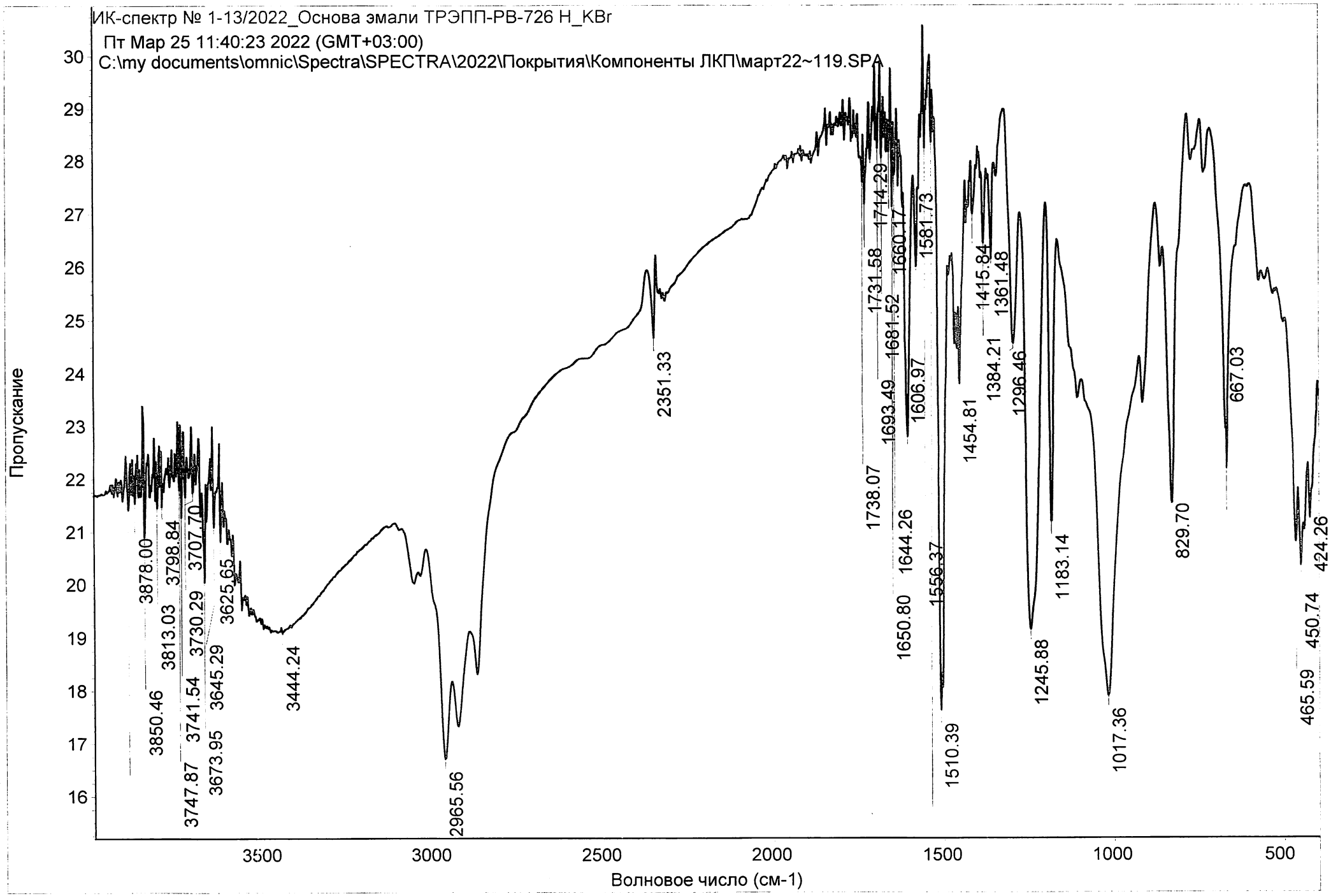
Инженер ИЛ НЦ-28 **А.В. Федорова**

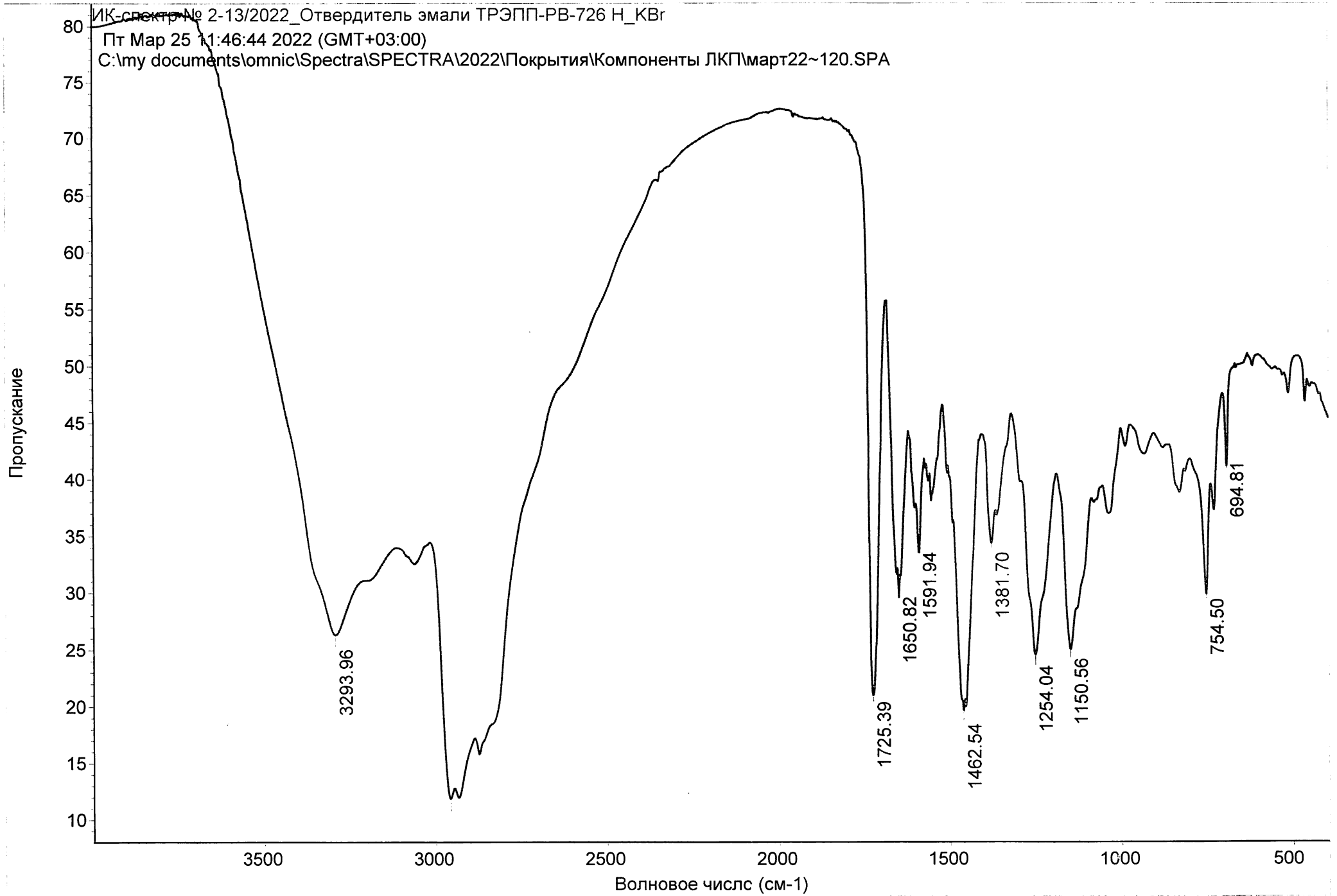
Таблица 4. Значения физико-химических и эксплуатационных показателей качества топлива для реактивных двигателей марки ТС-1 до и после контакта с образцами покрытия марки ТРЭПП-РВ-726Н производства ОАО «ХИМИК».

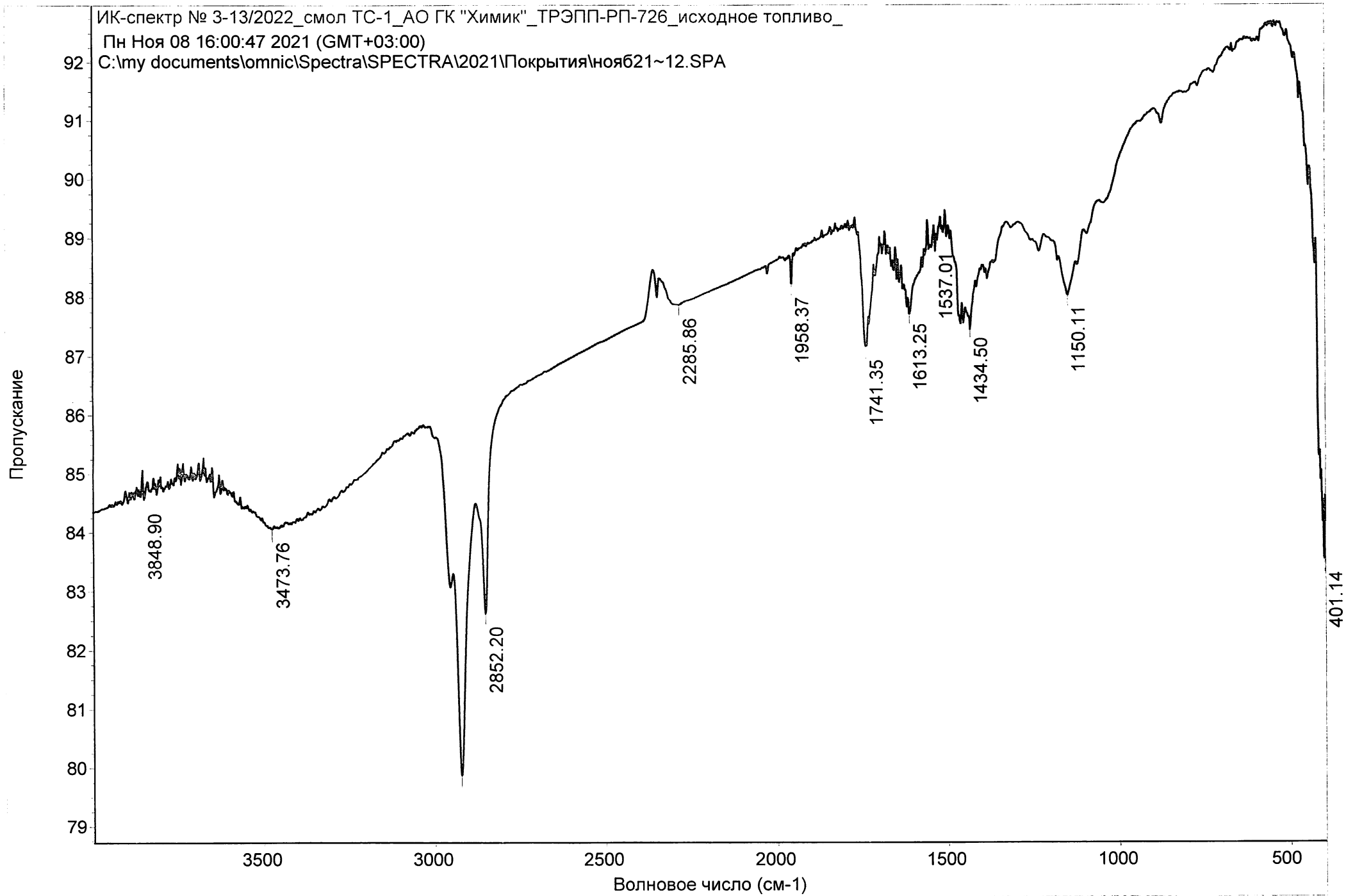
№ п/п	Наименование показателей	Метод испытаний	Исходное топливо	Авиатопливо после контакта с ЛКП		
				система № 1	система № 2	система № 3
1	Плотность при 20 °С, кг/м³	ГОСТ 3900	788,3	788,3	788,3	788,3
2	Цвет топлива по шкале Сейболта, балл	ASTM D 156	> +30	> +30	> +30	> +30
3	Показатель преломления при 20 °С, nD	ГОСТ 18995.2	1,4398	1,4398	1,4398	1,4398
4	Удельная электрическая проводимость при 20 °С, пСм/м	ASTM D 2624	1	1	1	1
5	Кислотность, мг КОН на 100 см³ топлива	ГОСТ 5985	отсутствие	отсутствие	отсутствие	отсутствие
6	Концентрация фактических смол, мг на 100 см³ топлива	ГОСТ 1567	1	1	1	1
7	Термоокислительная стабильность в статических условиях при температуре 150 °С: а) концентрация осадка, мг на 100 см³ топлива	ГОСТ 11802	8	-	-	7
8	Взаимодействие с водой а) состояние поверхности раздела б) состояние разделенных фаз	ГОСТ 27154	1 1	1 1	1 1	1 1
9	Содержание воды по методу Фишера, % масс.	ГОСТ 24614	0,0020	0,0024	0,0022	0,0032
10	Содержание механических примесей (визуально)	ГОСТ 10227 п.4.5	отсутствие	отсутствие	отсутствие	отсутствие
11	Фильтруемость, конечная скорость, у. е.	Методика ГосНИИ ГА	57	-	-	51
12	Люминесцентное свечение фактических смол на длинах волн 254 нм 365 нм	Методика ГосНИИ ГА	отсутствие отсутствие	отсутствие отсутствие	отсутствие отсутствие	отсутствие отсутствие
13	Люминесцентное свечение топлива на длинах волн 254 нм 365 нм	Методика ГосНИИ ГА	отсутствие отсутствие	отсутствие отсутствие	отсутствие отсутствие	отсутствие отсутствие
14	Термоокислительная стабильность при контрольной температуре 260° С: а) перепад давления на фильтре, мм рт.ст. б) цвет отложений на трубке, баллы по цветовой шкале	ГОСТ Р 52954	-	-	-	3,2 1

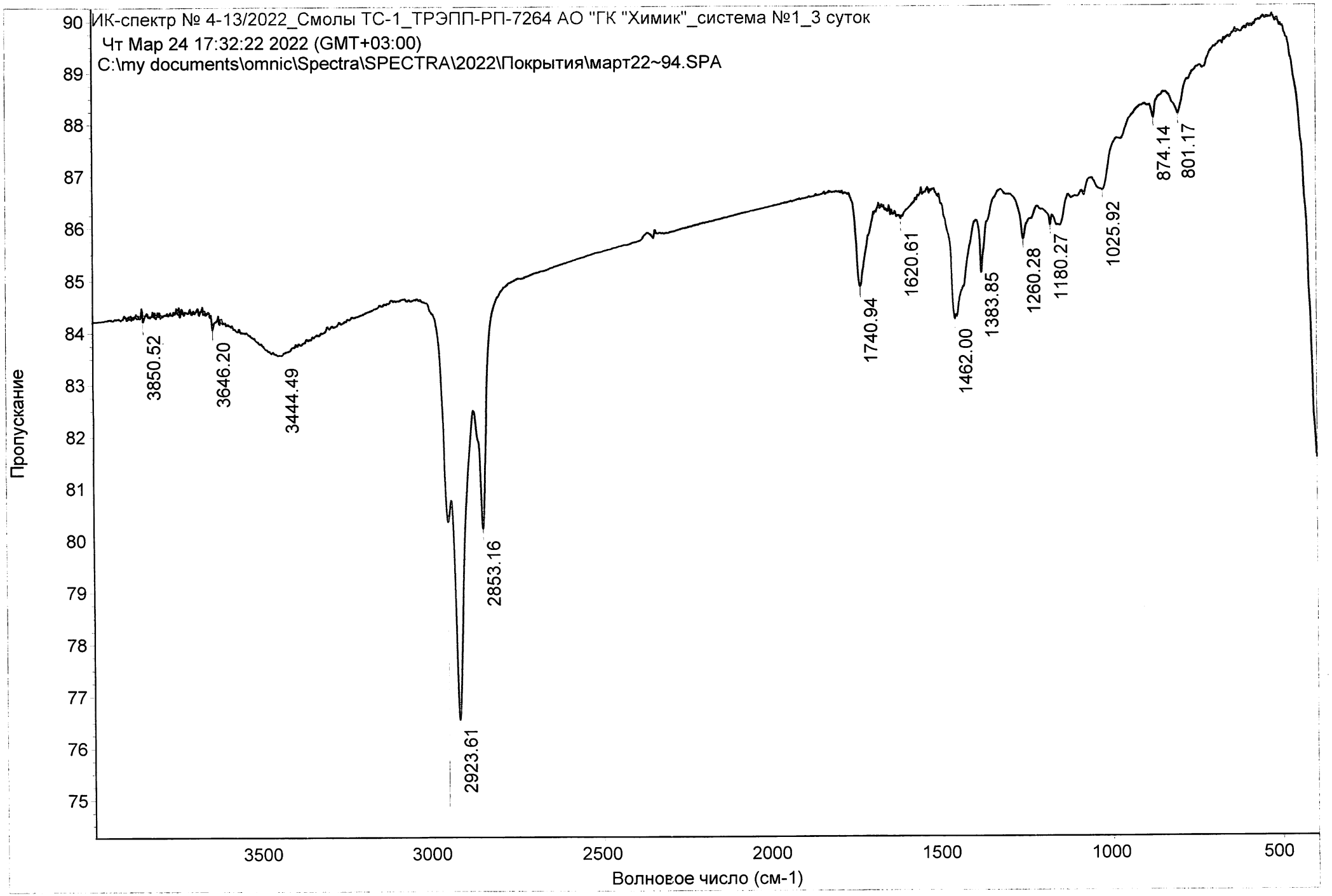
Научный сотрудник ИЛ НЦ-28 **Н.В. Морозова**

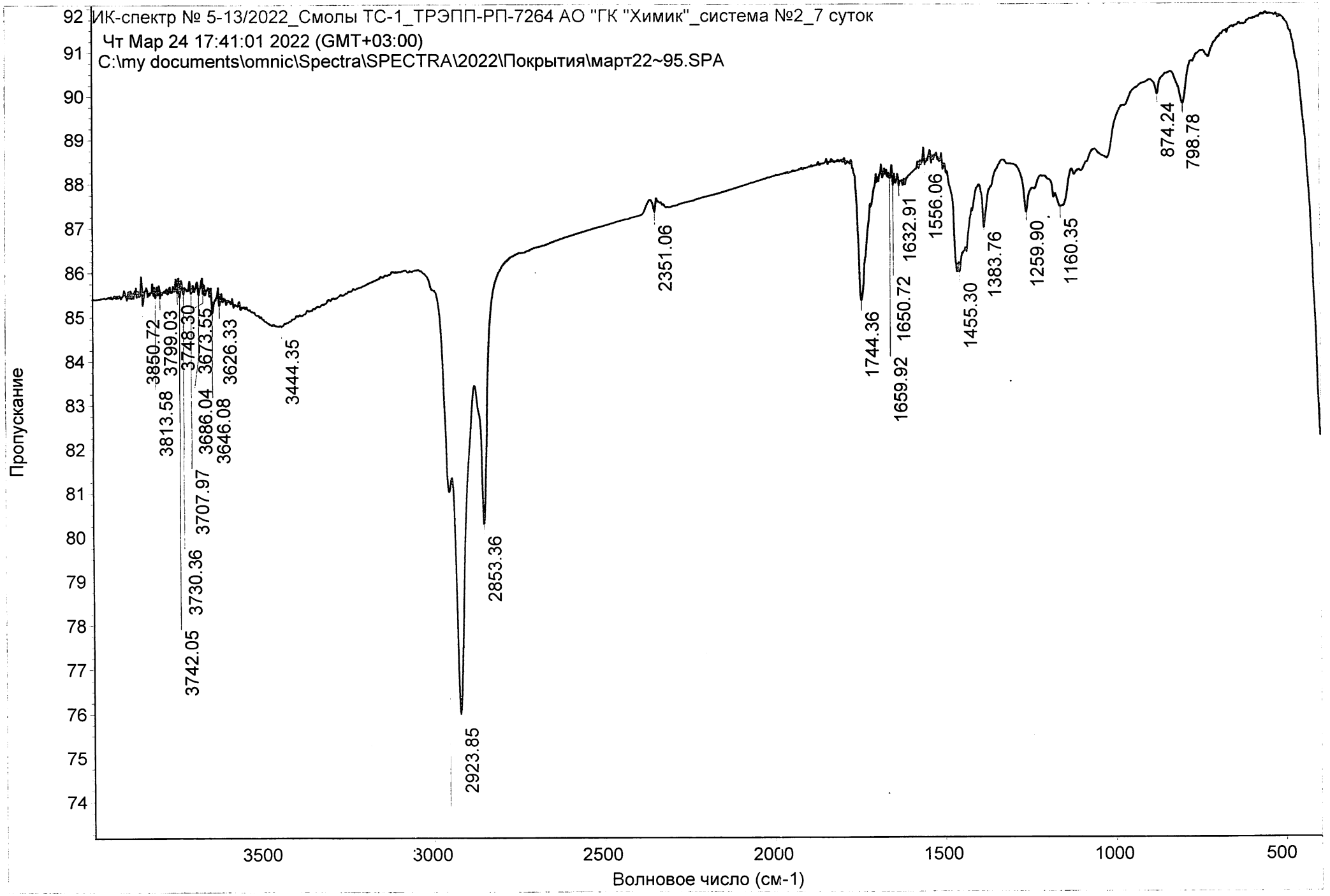
Инженер ИЛ НЦ-28 **А.В. Федорова**

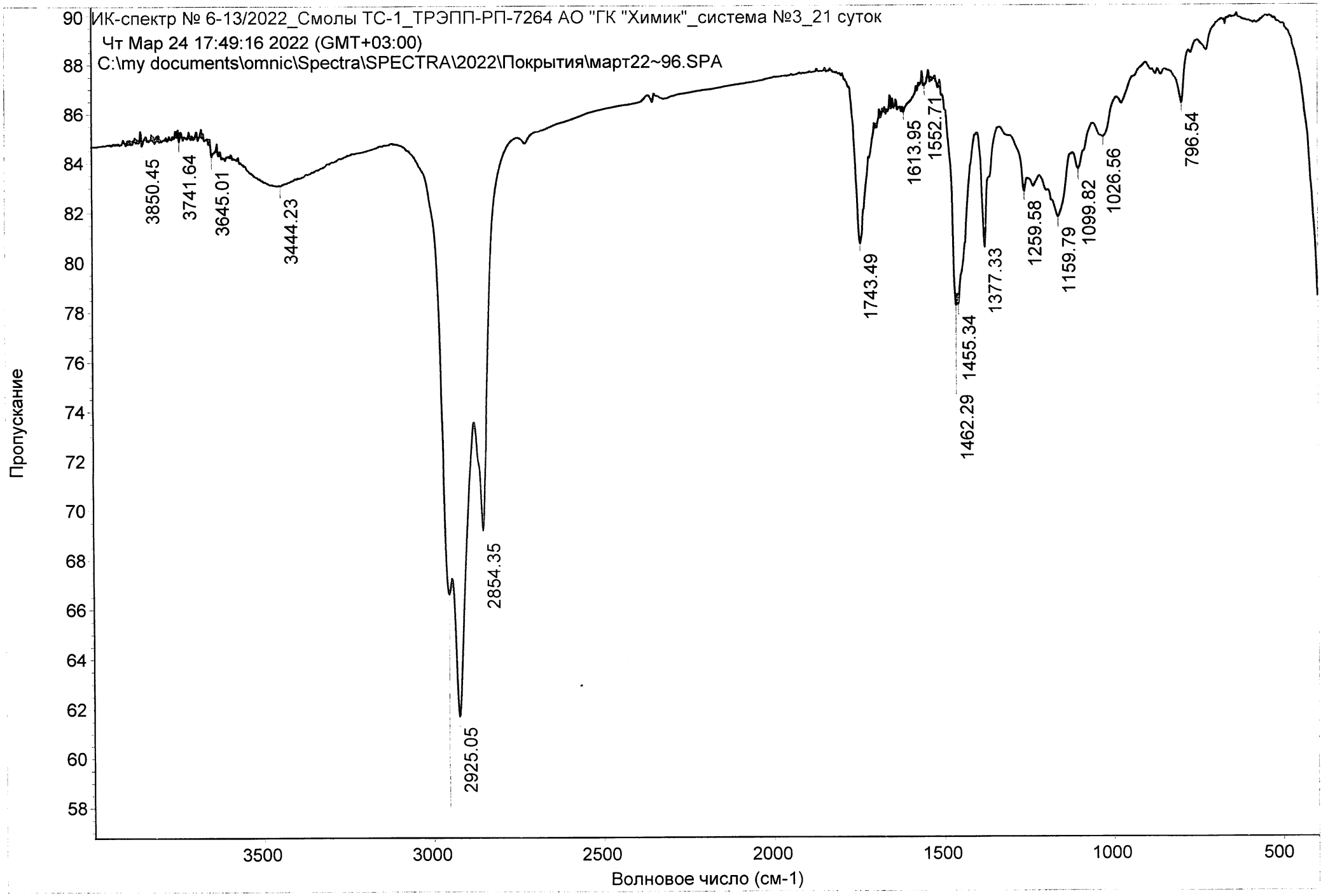

ИК-спектр № 1-13/2022_Основа эмали ТРЭПП-РВ-726 H_KBr
Пт Мар 25 11:40:23 2022 (GMT+03:00)
C:\my documents\omnic\Spectra\SPECTRA\2022\Покрытия\Компоненты ЛКП\март22~119.SPA
Пропускание
Волновое число (см-1)
3878.00
3850.46
3813.03
3798.84
3747.87
3741.54
3730.29
3707.70
3673.95
3645.29
3625.65
3444.24
2965.56
2351.33
1738.07
1731.58
1714.29
1693.49
1681.52
1660.17
1650.80
1644.26
1606.97
1581.73
1556.37
1510.39
1454.81
1415.84
1384.21
1361.48
1296.46
1245.88
1183.14
1017.36
829.70
667.03
465.59
450.74
424.26


ИК-спектр № 2-13/2022_Отвердитель эмали ТРЭПП-РВ-726 Н_KBr
Пт Мар 25 11:46:44 2022 (GMT+03:00)
C:\my documents\omnic\Spectra\SPECTRA\2022\Покрытия\Компоненты ЛКП\март22~120.SPA
Пропускание
Волновое числс (см-1)
3293.96
1725.39
1650.82
1591.94
1462.54
1381.70
1254.04
1150.56
754.50
694.81


ИК-спектр № 3-13/2022_смол ТС-1_АО ГК "Химик"_ТРЭПП-РП-726_исходное топливо_
Пн Ноя 08 16:00:47 2021 (GMT+03:00)
C:\my documents\omnic\Spectra\SPECTRA\2021\Покрытия\ноябр21~12.SPA
Пропускание
92
91
90
89
88
87
86
85
84
83
82
81
80
79
3848.90
3473.76
2852.20
2285.86
1958.37
1741.35
1613.25
1537.01
1434.50
1150.11
401.14
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
Волновое число (см-1)


ИК-спектр № 4-13/2022_Смолы ТС-1_ТРЭПП-РП-7264 АО "ГК "Химик"_система №1_3 суток
Чт Мар 24 17:32:22 2022 (GMT+03:00)
C:\my documents\omnic\Spectra\SPECTRA\2022\Покрытия\март22~94.SPA
Пропускание
Волновое число (см-1)
3850.52
3646.20
3444.49
2923.61
2853.16
1740.94
1620.61
1462.00
1383.85
1260.28
1180.27
1025.92
874.14
801.17


ИК-спектр № 5-13/2022_Смолы ТС-1_ТРЭПП-РП-7264 АО "ГК "Химик"_система №2_7 суток
Чт Мар 24 17:41:01 2022 (GMT+03:00)
C:\my documents\omnic\Spectra\SPECTRA\2022\Покрытия\март22~95.SPA
Пропускание
Волновое число (см-1)
3850.72
3799.03
3748.30
3673.55
3626.33
3813.58
3686.04
3646.08
3707.97
3730.36
3742.05
3444.35
2923.85
2853.36
2351.06
1744.36
1659.92
1650.72
1632.91
1556.06
1455.30
1383.76
1259.90
1160.35
874.24
798.78


ИК-спектр № 6-13/2022_Смолы ТС-1_ТРЭПП-РП-7264 АО "ГК "Химик"_система №3_21 суток
Чт Мар 24 17:49:16 2022 (GMT+03:00)
C:\my documents\omnic\Spectra\SPECTRA\2022\Покрытия\март22~96.SPA
Пропускание
Волновое число (см-1)
3850.45
3741.64
3645.01
3444.23
2925.05
2854.35
1743.49
1613.95
1552.71
1462.29
1455.34
1377.33
1259.58
1159.79
1099.82
1026.56
796.54