

## УТВЕРЖДАЮ

Начальник испытательного центра  
ФГУП «ВИАМ»



А.В. Славин

« 30 » 09 2021 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по возможности использования светодиодных источников УФ-облучения «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light» и «Элитест УФС 500/4 Black Light» взамен рекомендуемых ОСТ 1 90282 ртутных УФ-облучателей типа КД-33Л

### 1 Основание для проведения работ

Договор № 79/424-21-21 от 26.02.2021 г. на выполнение работы «Оценка возможности использования светодиодных источников УФ-облучения «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light» и «Элитест УФС 500/4 Black Light» взамен рекомендуемых ОСТ 1 90282 ртутных УФ-облучателей типа КД-33Л.

### 2 Цель работ

Определение возможности использования светодиодных источников УФ-облучения «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light» и «Элитест УФС 500/4 Black Light» взамен рекомендуемых ОСТ 1 90282 ртутных УФ облучателей типа «КД-33Л»

### 3 Задачи работ

3.1 Получение спектров излучения источников УФ-облучения «КД-33Л», «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light» и «Элитест УФС 500/4 Black Light» в диапазоне 315-400 нм для определения распределения интенсивности

излучения по длинам волн. Определение, по полученным спектрам, параметров спектральной кривой (форма, длина волны, соответствующая максимуму излучения и ширина спектральной линии на полувысоте).

3.2 Оценка ультрафиолетовой облученности источников УФ-облучения на расстоянии 300 мм. Оценка облучаемых полей источников УФ-облучения при визуальном осмотре на расстоянии 300 мм для портативных и 400 мм для стационарных.

3.3 Определение времени установления рабочего режима источников УФ-облучения.

3.4 Качественная оценка результатов люминесцентного контроля поверхностей образцов и деталей с производственными и эксплуатационными дефектами.

3.5 Сравнение спектральных и энергетических характеристик источников УФ-облучения «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light», «Элитест УФС 500/4 Black Light» и «КД-33Л».

#### **4 Техническая документация**

Паспорт - Облучатель ультрафиолетовый «КД-33Л»;

Паспорт, руководство по эксплуатации - Светодиодный ультрафиолетовый светильник «Элитест УФС-12 Black Light»;

Паспорт, руководство по эксплуатации - Светодиодный ультрафиолетовый светильник «Элитест УФС-24 Black Light»;

Паспорт, руководство по эксплуатации - Светодиодный ультрафиолетовый светильник «Элитест УФС-220 Black Light»;

Паспорт, руководство по эксплуатации - Светодиодный ультрафиолетовый светильник «Элитест УФС 500/4 Black Light».

#### **5 Результаты работы**

Для сравнения технических характеристик источников УФ-облучения «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light» и «Элитест УФС 500/4 Black Light» с характеристиками источника УФ-облучения типа «КД-33Л», рекомендованного ОСТ 1 90242, был проведен анализ технической документации. Составлена таблица с основными техническими характеристиками, приведенных в паспортах и руководствах по эксплуатации.

Т а б л и ц а 1 – Основные технические характеристики анализируемых источников УФ – облучения

Технические характеристики по паспорту	«КД-33Л»	«Элитест УФС-12 Black Light»	«Элитест УФС-24 Black Light»	«Элитест УФС-220 Black Light»	«Элитест УФС 500/4 Black Light»
Габаритные размеры, мм	не более 174x304x348	155x95x190	150x120x200	150x120x200	530x210x110
Входное напряжение питания, В/Гц	~ (187÷242)/50±1	~ (100÷242)/50	~ (100÷242)/50	~ (100÷242)/50	~ (100÷242)/50
Номинальное напряжение аккумуляторной батареи, В	-	22,2	29,6	-	-
Потребляемая мощность оборудования, Вт	300	не более 60	не более 70	не более 60	не более 150
Потребляемая мощность источника, Вт	125	не более 24	не более 60	не более 60	не более 150
Масса светильника, кг, не более	10	1,1	1,5	1,0	6
Тип источника	Газоразрядная ртутная лампа	Полупроводник	Полупроводник	Полупроводник	Полупроводник
Длина волны максимума излучения, нм.	365	365±1%	365±1%	365±1%	365±1%
Ультрафиолетовая облученность на расстоянии 380 мм от светильника, мкВт/см <sup>2</sup>	-	980÷7800	800÷5200	800÷5200	1400÷7800
Время выхода на режим, мин	не более 15	сразу после включения	сразу после включения	сразу после включения	сразу после включения
Время до повторного включения, мин	не требуется	не требуется	не требуется	не требуется	не требуется
Максимальная температура корпуса при непрерывной работе более 1 часа, °С	не превышает 110 <sup>1</sup>	не превышает 60	не превышает 60	не превышает 60	не превышает 60
Температура поверхности ручки, °С	до 45 °С	окружающая среда	окружающая среда	окружающая среда	окружающая среда
Количество источников, шт.	1	4	10	10	30
Температура окружающего воздуха, °С	от +10 до +35	от -20 до +40	от -20 до +40	от -20 до +40	от -20 до +40
Класс пыле- и влагозащитности	Защита от влияния агрессивных сред не предусмотрена	IP54	IP54	IP54	IP54
1 - фактически установленная величина					

По результатам проведенного анализа установлено, что основными преимуществами современных светодиодных источников УФ-облучения «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light» и «Элитест УФС 500/4 Black Light» является их энергоэффективность, экологичность и безопасность.

### Определения спектральных характеристик источников УФ-облучения.

Получены и определены спектральные характеристики УФ-источников в диапазоне длин волн 310-450 нм (форма спектральной кривой, длина волны, соответствующая максимуму спектра излучения и ширина спектральной линии на полувысоте). Результаты распределения интенсивности излучения по длинам волн для исследуемых источников показаны на рисунке 1. Все спектры получены с использованием оптоволоконного спектрометра с выносным полихроматическим датчиком при одном уровне УФ-облученности ( $\approx 3000$  мкВт/см<sup>2</sup>).

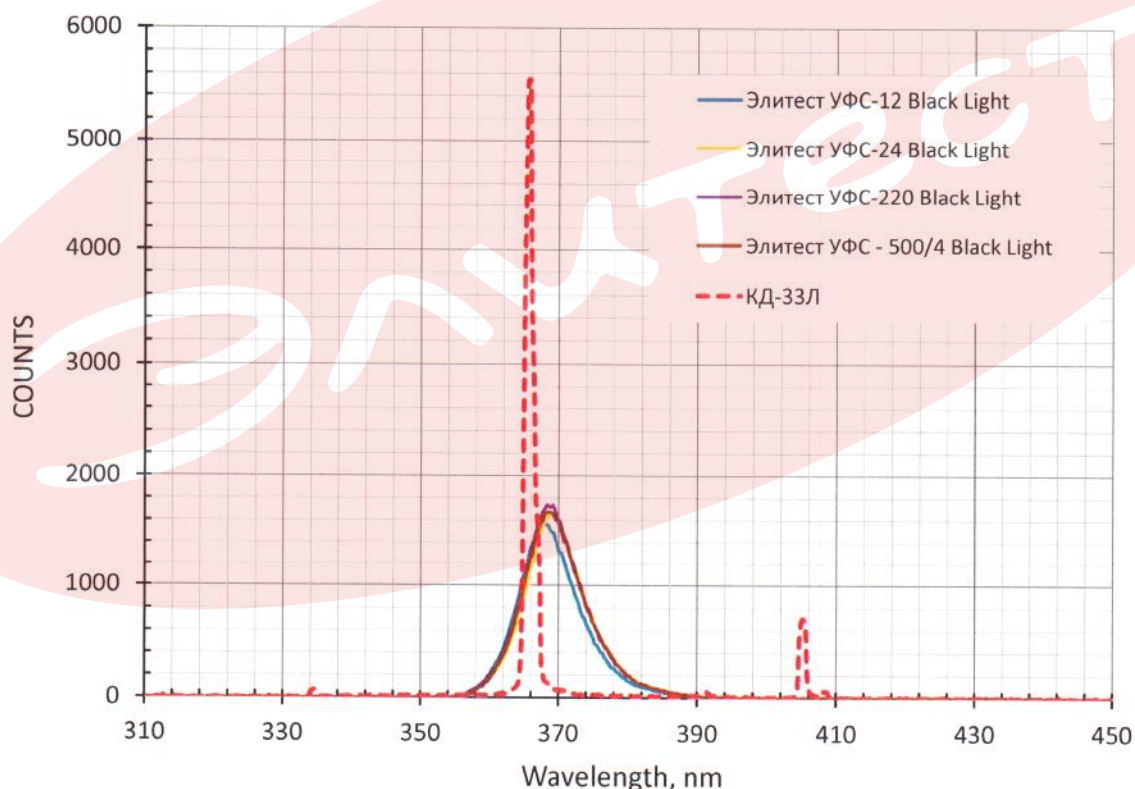


Рисунок 1 - Спектры излучения УФ-источников в диапазоне 310-450 нм

Значения, полученных длин волн, соответствующих максимумам спектров излучения УФ-источников и ширины спектральной линии на полувысоте приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 - Параметры спектральных кривых

УФ-источник излучения	Максимум излучения на длине волны, нм	Ширина спектра на полувысоте, нм
«КД-33Л»	365,83	1,47
«Элитест УФС-12 Black Light»	367,55	9,44
«Элитест УФС-24 Black Light»	368,70	9,35
«Элитест УФС-220 Black Light»	368,33	9,34
«Элитест УФС 500/4 Black Light»	368,21	9,45

Из полученных данных видно, что спектр излучения ртутной газоразрядной лампы в составе УФ-облучателя «КД-33Л» имеет два различных характерных пика: в ультрафиолетовой области спектра (от 360 до 370 нм) и видимой (от 403 до 408 нм) с максимумами 365 и 405 нм соответственно. Наличие дополнительного характерного пика в области видимой части спектра обуславливает появление паразитного излучения. Согласно колориметрической системе координат цветности, длина волны 408 нм соответствует фиолетовой области видимой части спектра.

Спектры излучения ламп «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light» и «Элитест УФС 500/4 Black Light» идентичны и содержат только характерный пик в диапазоне длин волн от 360 до 370 нм.

Согласно действующим на территории Российской Федерации стандартам: ГОСТ 18442 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования» и ГОСТ Р ИСО 3059-2015 «Контроль неразрушающий. Проникающий контроль и магнитопорошковый метод. Выбор параметров осмотра» при проведении капиллярного люминесцентного контроля осмотр поверхностей деталей на наличие дефектов следует проводить с использованием ультрафиолетовых источников излучения длиной волны от 315 до 400 нм и с максимумом спектра излучения на длине волны  $365 \pm 5$  нм и полной ширине спектра на полувысоте не более 30 нм. Данным требованиям удовлетворяют все исследуемые источники УФ-облучения.

#### **Определение УФ-облученности и оценка облучаемых полей**

Установлены значения максимальной и минимальной УФ - облученности при максимальной и минимальной мощности источника излучения на расстоянии 300 мм для портативных и 400 мм для стационарных источников в центре фокусного пятна, полученного от УФ-

облучателя (зона с максимальным значением УФ-освещенности), данные представлены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 - Максимальные и минимальные значения УФ-облученности в центре фокусного пятна

УФ-источник излучения	Максимум облученности, мкВт/см <sup>2</sup>	Минимум облученности, мкВт/см <sup>2</sup>
«КД-33Л» (300 мм)	5140	-
«Элитест УФС-12 Black Light» (300 мм)	15730	2270
«Элитест УФС-24 Black Light» (300 мм)	12940	1630
«Элитест УФС-220 Black Light» (300 мм)	13260	1720
«Элитест УФС 500/4 Black Light» (400 мм)	18000	2080

Проведена оценка облучаемых полей (распределение интенсивности УФ-излучения) на плоскости (по осям X,Y), где интенсивность облучения уменьшалась в два раза от максимального значения, при установленном значении УФ-облученности ~ 3000 мкВт/см<sup>2</sup>, в центре фокусного пятна на расстоянии:

- 300 мм для ламп «Элитест УФС-12 Black Light» и «Элитест УФС-24 Black Light»;
- 370 мм для «КД-33Л»;
- 400 мм для лампы «Элитест УФС 500/4 Black Light».

Оценка размеров облучаемых ультрафиолетовых полей на плоскости (построение распределения УФ-облученности), для различных УФ-облучателей проводилась не менее чем по 25 измерениям УФ-облученности в определенных местах. Результаты построения всех распределений УФ - облученности на плоскости показаны на рисунках 2-6. Полученные значения минимального размера фокусного пятна на плоскости по осям X и Y, в пределах которого величина интенсивности ультрафиолетового излучения менялось в два раза, для исследуемых ламп, показаны в таблице 4.

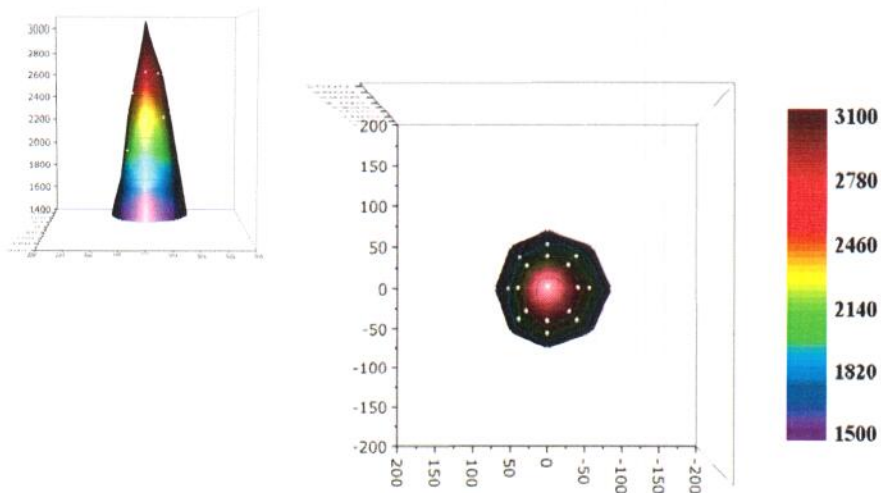


Рисунок 2 - Распределение УФ - облученности на плоскости для лампы «Элитест УФС-12 Black Light»

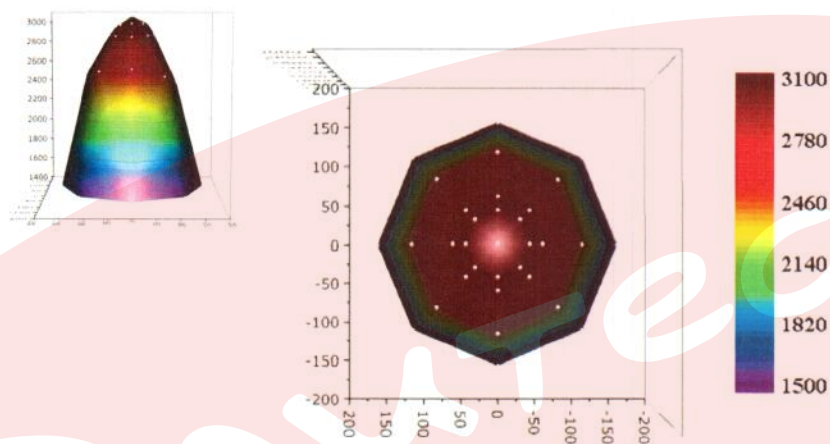


Рисунок 3 - Распределение УФ - облученности на плоскости для лампы «Элитест УФС-24 Black Light»

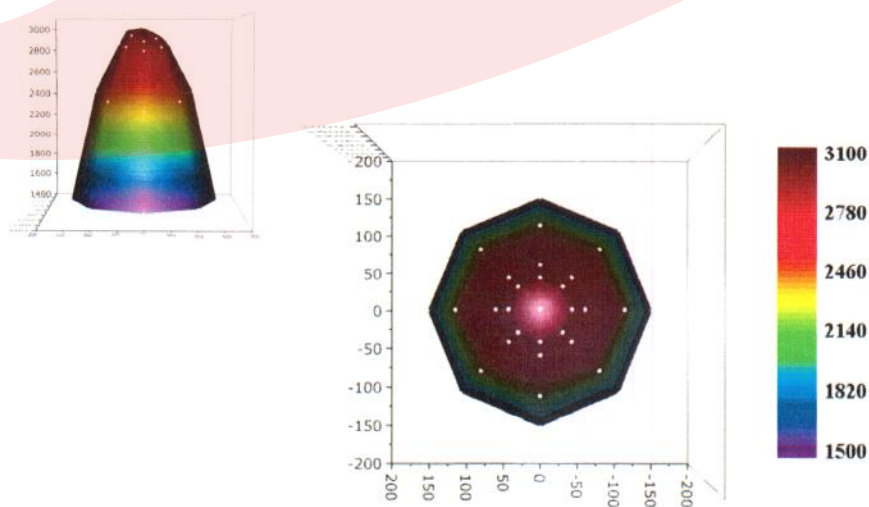


Рисунок 4 - Распределение УФ - облученности на плоскости для лампы «Элитест УФС-220 Black Light»

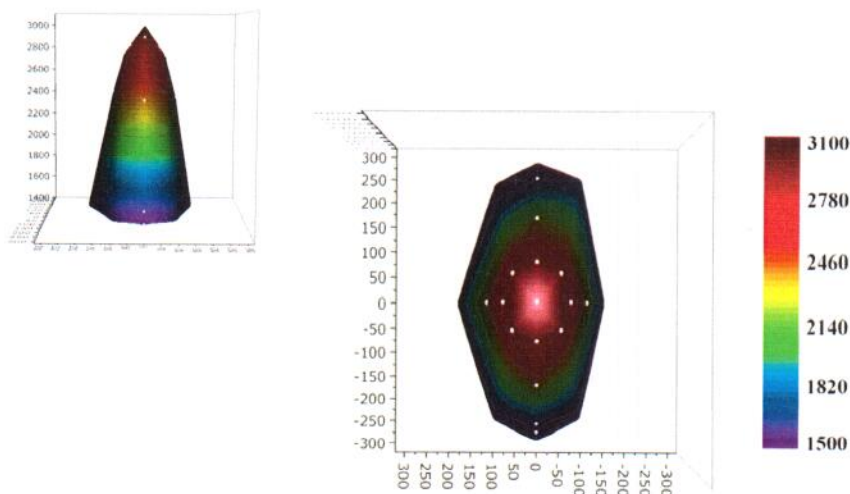


Рисунок 5 - Распределение УФ - облученности на плоскости для лампы «Элитест УФС 500/4 Black Light»

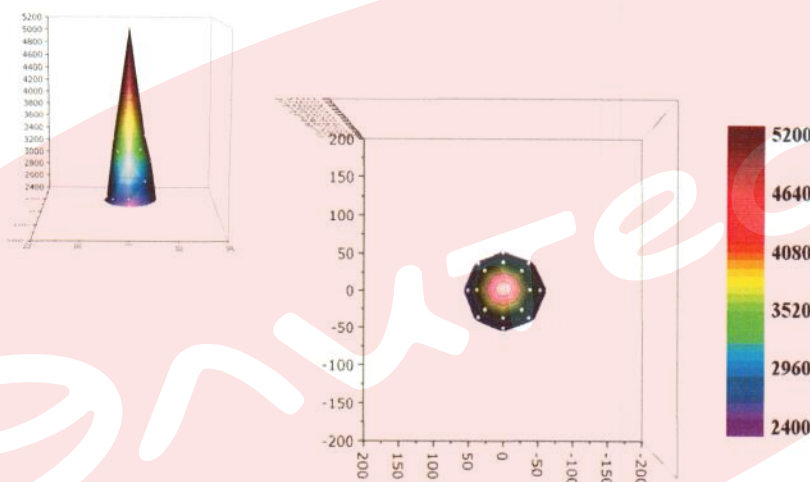


Рисунок 6 - Распределение УФ - облученности на плоскости для лампы «КД-33Л»

Т а б л и ц а 4 – Полученные значения минимального размера фокусного пятна на плоскости по осям X и Y, в пределах которого значение интенсивности излучения изменялось в два раза

УФ-источник излучения	Минимальный размер фокусного пятна, мм
«КД-33Л» (300 мм)	108
«Элитест УФС-12 Black Light» (300 мм)	145



УФ-источник излучения	Минимальный размер фокусного пятна, мм
«Элитест УФС-24 Black Light» (300 мм)	310
«Элитест УФС-220 Black Light» (300 мм)	300
«Элитест УФС 500/4 Black Light» (400 мм)	333

Согласно ГОСТ 28369 для переносного излучателя рассеянного типа УФ-облученность в центре облучаемого поля диаметром не менее 100 мм должна быть не менее  $1500 \text{ мкВт/см}^2$  при расстоянии от источника облучения до поверхности 300 мм. Данному требованию удовлетворяют переносные лампы «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light» и «КД-33Л». В данном стандарте требований к УФ-облученности для ультрафиолетовых многоламповых источников излучения рассеянного типа («Элитест УФС 500/4 Black Light»), применение которых возможно при капиллярном люминесцентном контроле, на расстоянии 400 мм не установлено.

#### **Определение времени установления рабочего режима**

Определение времени установления рабочего режима всех ламп проводилось по результатам измерений УФ-облученности поверхности на расстоянии 30 мм после включения источников. Выходом лампы на рабочий режим считалось время, при котором лампа выдавала стабильное максимальное значение УФ-облученности в центре фокусного пятна. Для ламп УФ-облучателей «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light» и «Элитест УФС 500/4 Black Light» время составило не более 1 мин, а для «КД-33Л» не более 8 мин.

Согласно ГОСТ 28369 УФ-облученность время установления рабочего режима должно быть не более 8 мин. Данному требованию удовлетворяют все рассматриваемые источники.

#### **Качественная оценка результатов люминесцентного контроля**

Основной задачей УФ-облучателей при использовании их в процессе капиллярного люминесцентного контроля является образование видимого индикаторного рисунка от несплошности, сформированного люминесцентной индикаторной жидкостью, извлеченной проявителем. В

авиационной отрасли основными наборами дефектоскопических материалов (Российского производства) с особо высоким уровнем чувствительности, обнаруживающие поверхностные несплошности в материале шириной раскрытия 1 мкм, являются наборы ЛЮМ1-ОВ и ЛЮМ33-ОВ в состав которых входят такие проникающие люминесцирующие жидкости как ЛЖ-6А и ЛЖ-18НВ, соответственно. В связи с чем, практический интерес представляет рассмотрение в совокупности спектров излучения исследуемых УФ-облучателей и спектров поглощения люминесцентных многокомпонентных проникающих жидкостей ЛЖ-6А и ЛЖ-18НВ (Рисунок 7).

Спектры поглощения ЛЖ-6А и ЛЖ-18НВ получены с использованием двулучевого спектрофотометра с диапазоном измерений от 200 до 900 нм. Из рисунка 7 видно, что для всех УФ источников спектр излучения находится в диапазоне длин волн, соответствующих спектрам поглощения проникающих жидкостей, вызывая их люминесценцию в видимой желто-зеленой части спектра, регистрируемую человеческим глазом. Следует отметить, что максимумы спектров излучения для исследуемых светодиодных УФ-облучателей, имеют смещение в сторону больших длин волн и приближены к спектральным максимумам поглощения рассматриваемых жидкостей, повышая интенсивность люминесценции.

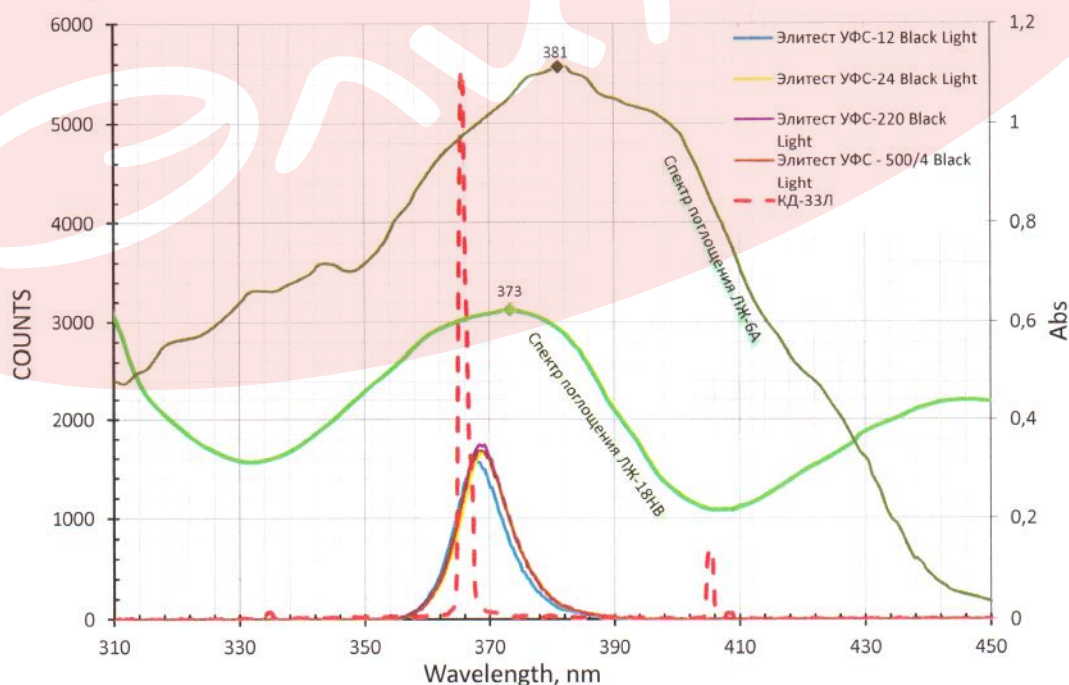


Рисунок 7 - Спектры излучения УФ-источников в диапазоне 310-450 нм и спектры поглощения проникающих жидкостей

Проведена качественная экспериментальная оценка УФ-облучателей на этапе осмотра результатов люминесцентного контроля поверхностей образцов и деталей с производственными и эксплуатационными дефектами, с использованием набора дефектоскопических материалов ЛЮМ 1 – ОВ.

Были подобраны образцы и детали с различными типами конструктивных особенностей и различными типами дефектов на их поверхности:

**№1** - Образец «Мини-диск» с эксплуатационными дефектами типа трещина малоциклового усталости (МЦУ);

**№2** - Образец «Мини-диск» с производственными дефектами типа неметаллическое включение и пора;

**№3** - Образец сварного шва, полученный с использованием АрДЭС, с производственными дефектами типа горячая трещина и пора;

**№4** - Лопатка ГТД с эксплуатационной трещиной в замковой части;

**№5** - Проушина с окружной трещиной в отверстии;

**№6** - Образец с неглубоким отверстием с трещиной МЦУ на внутренней поверхности;

**№7** - Образец с отверстием, содержащим трещину МЦУ на внутренней поверхности.

Контроль образцов и деталей проводился по технологическим режимам, приведенным в ОСТ 1 90282. Результаты контроля регистрировали с использованием УФ-облучателей с использованием фоторегистрирующего устройства при фиксированном угле съемки относительно оси ультрафиолетового потока на расстоянии 15 мм с интенсивностью излучения в местах расположения дефекта на поверхности образца около  $3000 \text{ мкВт/см}^2$ . Баланс цветопередачи, при регистрации результатов капиллярного люминесцентного контроля с использованием различных источников, выставлялся одинаковым.

Анализ полученных изображений показал:

- при осмотре деталей в УФ-свете с использованием ртутной газоразрядной лампы «КД-33Л» и светодиодных источников УФ-облучения «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light», «Элитест УФС 500/4 Black Light» все дефекты, в том числе с шириной раскрытия 1 мкм и менее, выявлены в полном объеме;

- для исследуемых светодиодных УФ-облучателей «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light», «Элитест УФС 500/4 Black Light» получены аналогичные основные характеристики видимости индикаторных следов, такие как яркость

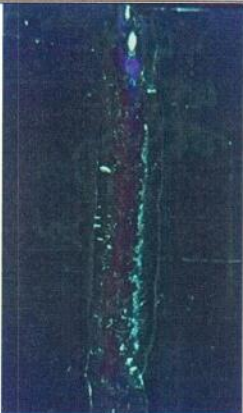
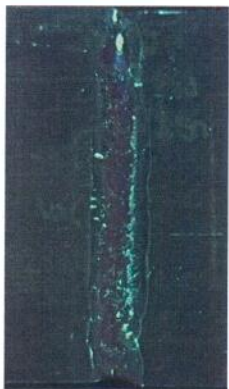
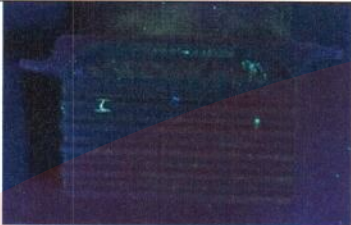





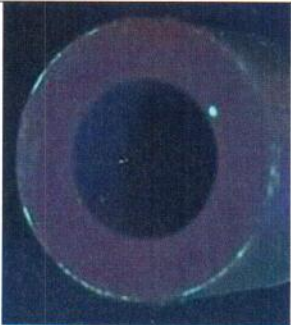
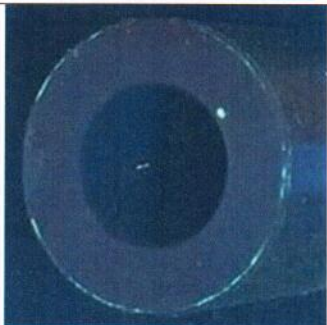
люминесценции, фоновая люминесценция, контрастность индикаторного рисунка;

- ртутная газоразрядная лампа «КД-33Л» создает на поверхности не равномерный фон с участками фиолетового цвета, возникающий из-за наличия в спектре излучения лампы паразитного света (403-408 нм), что приводит к затруднению при расшифровке дефектов.

Результаты контролей с использованием различных типов УФ-облучателей показаны в таблице 5.

Т а б л и ц а 5 – Результаты капиллярного люминесцентного контроля образцов и деталей, полученные с использованием дефектоскопического набора ЛЮМ1-ОВ.

Объект контроля	Результата капиллярного контроля ЛЮМ1-ОВ	
	«КД-33Л»	«Элитест УФС Black Light»
№1		
№1		
№2		

Объект контроля	Результата капиллярного контроля ЛЮМ1-ОВ	
	«КД-33Л»	«Элитест УФС Black Light»
№3		
№4		
№5		
№6		
№7		

## Выводы

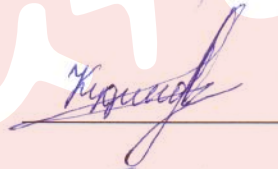
По результатам исследований спектральных и энергетических характеристик источников УФ-облучения, а также на основании сравнительных результатов люминесцентного контроля поверхностей образцов и деталей с производственными и эксплуатационными дефектами, установлено, что светодиодные источники УФ-облучения «Элитест УФС-12 Black Light», «Элитест УФС-24 Black Light», «Элитест УФС-220 Black Light» и «Элитест УФС 500/4 Black Light» могут быть использованы при проведении капиллярного люминесцентного контроля взамен рекомендуемых ОСТ 1 90282 ртутных УФ-облучателей типа КД-33Л.

Начальник лаб. №22, к.т.н.



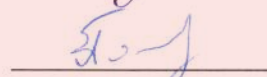
А.С. Генералов

Ответственный исполнитель,  
Ведущий инженер лаб. № 22



И.И. Кудинов

Начальник сектора лаб. № 22



А.Н. Головков

Ведущий инженер лаб. № 22  
к.х.н.



Д.С. Скоробогатько

Инженер 1 кат.  
лаб. № 22



С.И. Куличкова