Отчет по исследованию непрерывной части спектра излучения поверхностного скользящего разряда

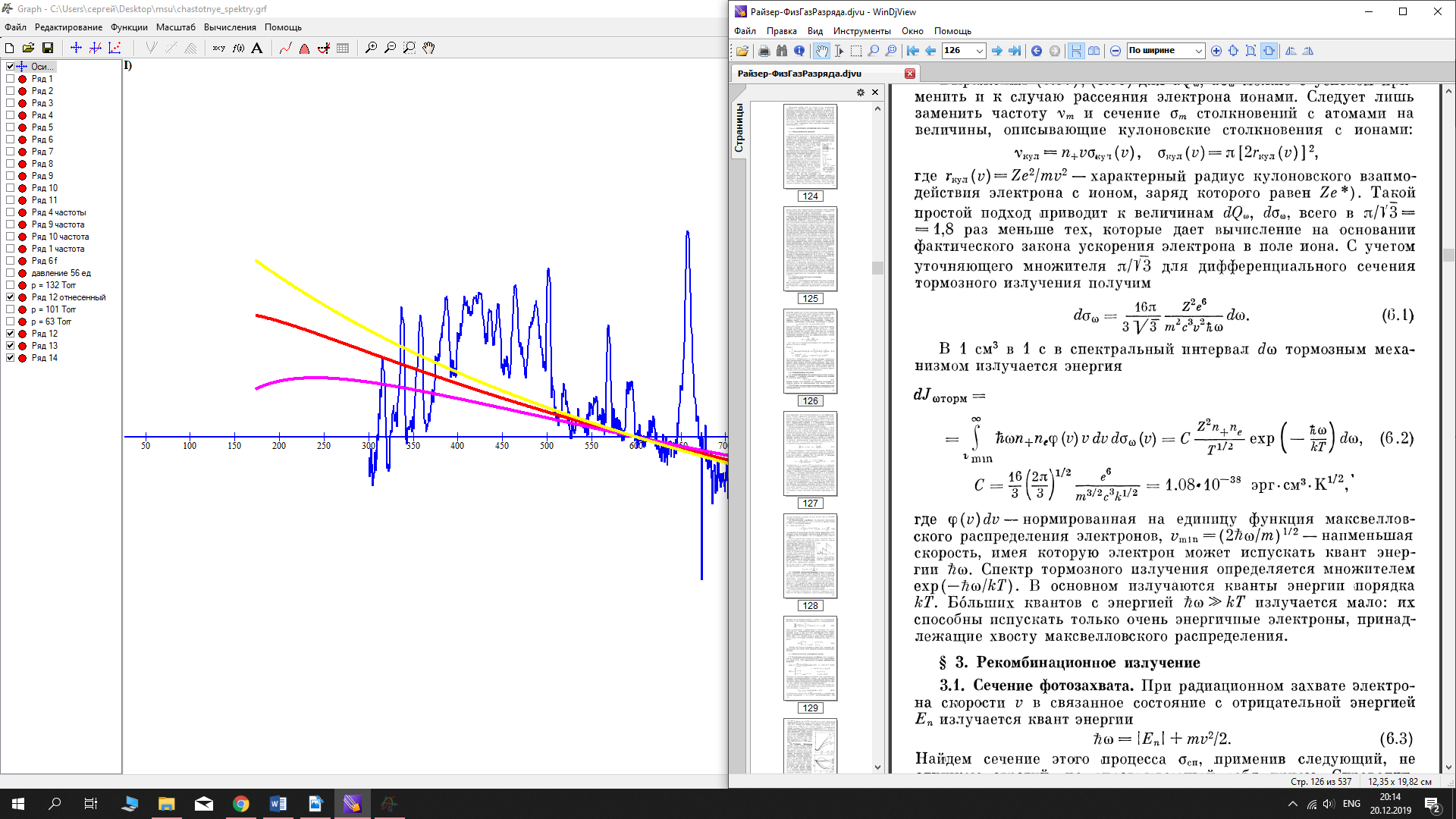
В системе электрон и положительный ион возможны три типа перехода: свободно-свободные, связно-свободные и связно-связные. Переходы сверху вниз сопровождаются излучением кванта энергии. Свободно-свободные и связно-свободные переходы дают непрерывный спектр, из-за расположения одного из состояний в непрерывном энергетическом спектре.

Свободно-свободные переходы обусловлены тормозным излучением и тормозным поглощением при столкновении электронов с ионами в кулоновском поле. Связно-свободные переходы в поле нейтральных частиц представляют собой рекомбинационное излучение (фотоприлипание, фотоотрыв) [1].



Рис.1 – пример спектра тормозного излучения.

Пример спектра тормозного излучения представлен на рис.1. В [1] представлена формула для расчета спектральной излучательной способности тормозной составляющей:



В основном излучают кванты с энергией . Для температур электронов от 30000 К до 100000К значения длины волны максимума интенсивности лежат в диапазоне 70 – 250нм. Спектры, построенные для четырех температур: 10000 K, 30000 K, 50000 K, 100000K –представлены на рис. 2. Также были построены спектры, зависящие от энергии – рис. 3.

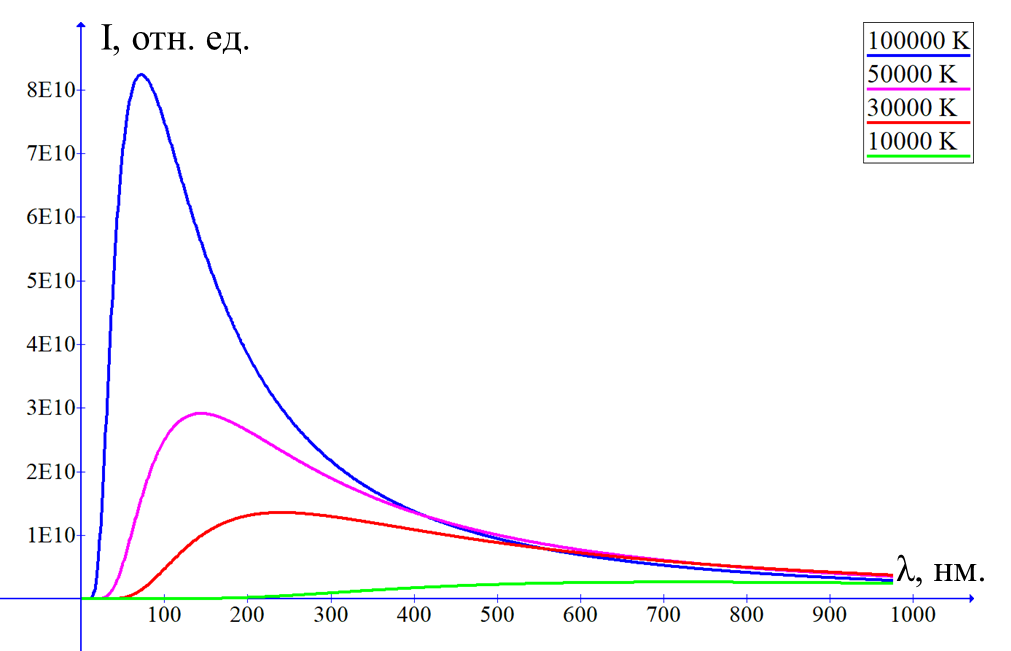


Рис. 2 – спектры тормозного излучения для четырех температур

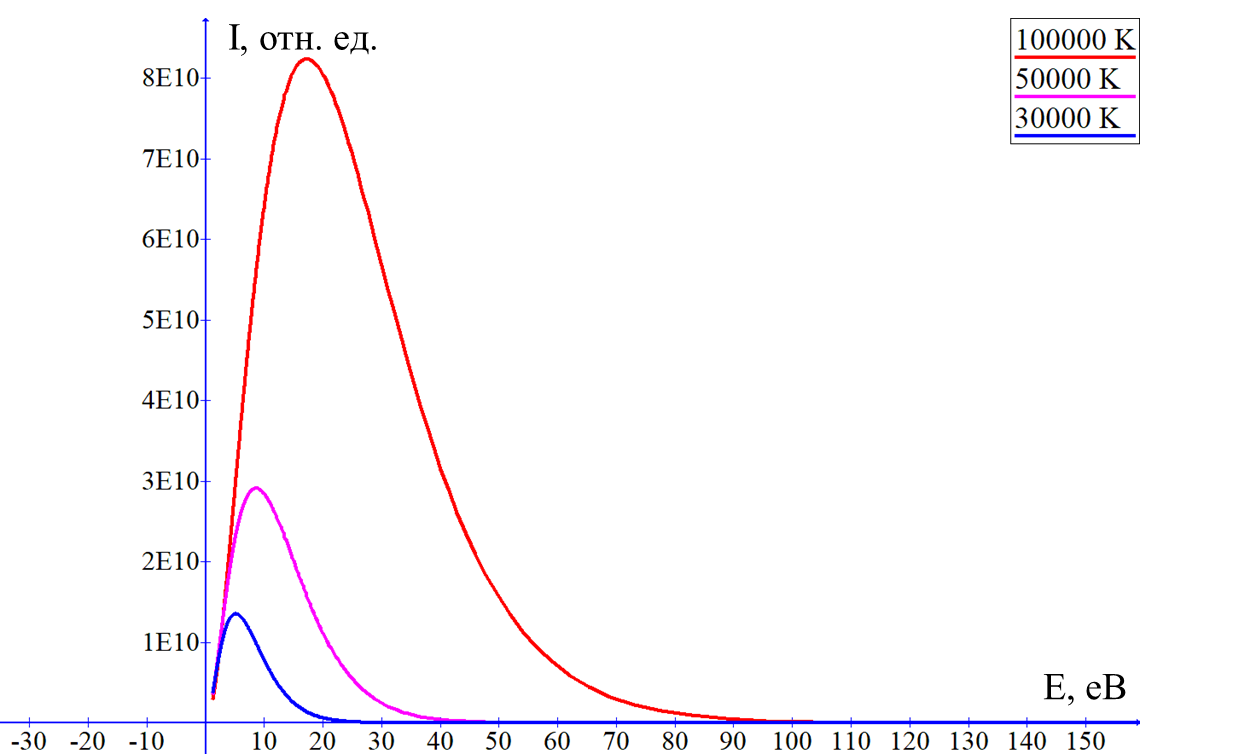
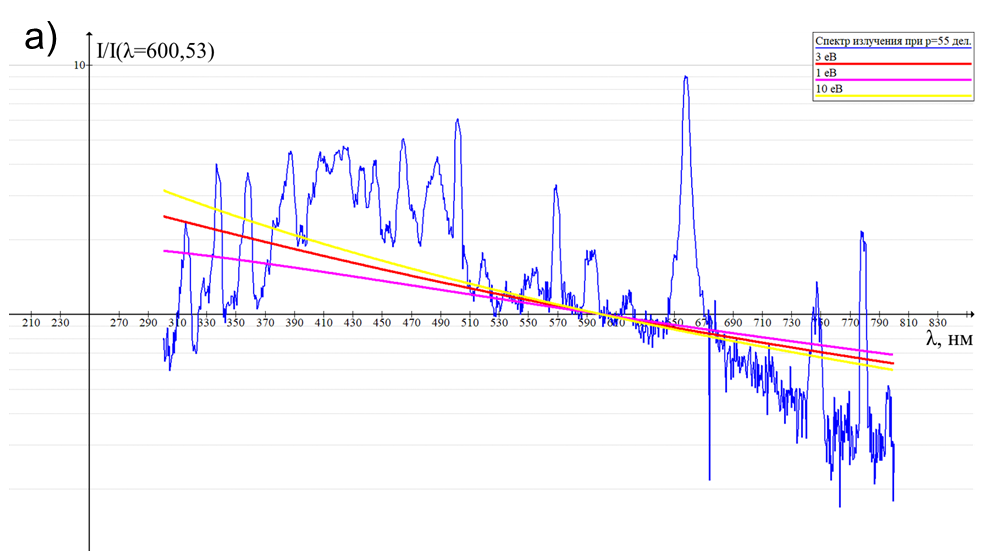


Рис. 3 – спектры тормозного излучения, в зависимости от энергии. Рассчитаны для трех температур: 30000 K, 50000 K, 100000 K.

Используя спектры, построенные по данной формуле для разных температур, можно оценить энергию электронов, сравнив их с полученным спектров излучения из эксперимента. Для удобства необходимо построить нормированные спектры на середину выбранного диапазона, чтобы исключить влияние констант [2]. Пример наложенных спектров, нормированных на интенсивность при λ=600,53 нм представлен на рис.4 а.



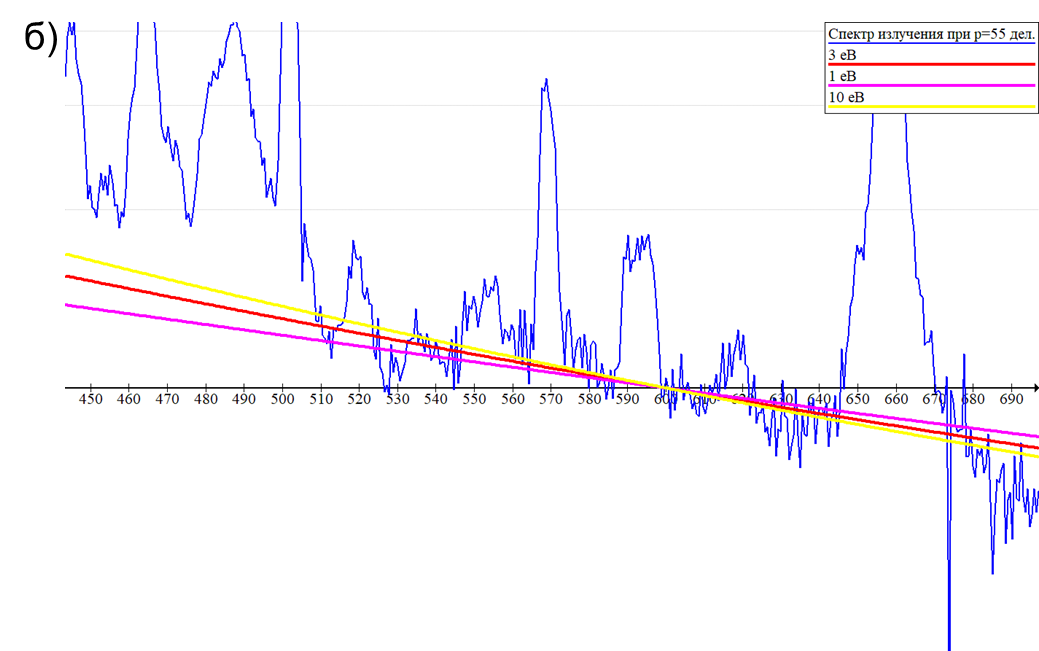


Рис. 4 – Пример наложенного спектра излучения. а) Полный спектр, б) Часть спектра, где теоретическая зависимость сходится с экспериментальными данными.

Стоит отметить, что при Те выше 30000 К в области 600 нм спектры слабо различимы, хотя соответствуют большой разницы в энергии электронов. Для величин длин волн от 510 – 645 нм наблюдается наилучшее соответствие теоретической зависимости и экспериментального спектра (рис.4 б).

Также были проведен сравнительный анализ, при котором визуальный максимум интенсивности непрерывной части спектра, полученного из эксперимента, соотносился с теоретическим спектром с максимум в этой же точке. На Рис. 5 экспериментальный спектр сравнивается с теоретическими спектрами тормозного излучения с максимумами при λ = 450 нм и λ = 410 нм.

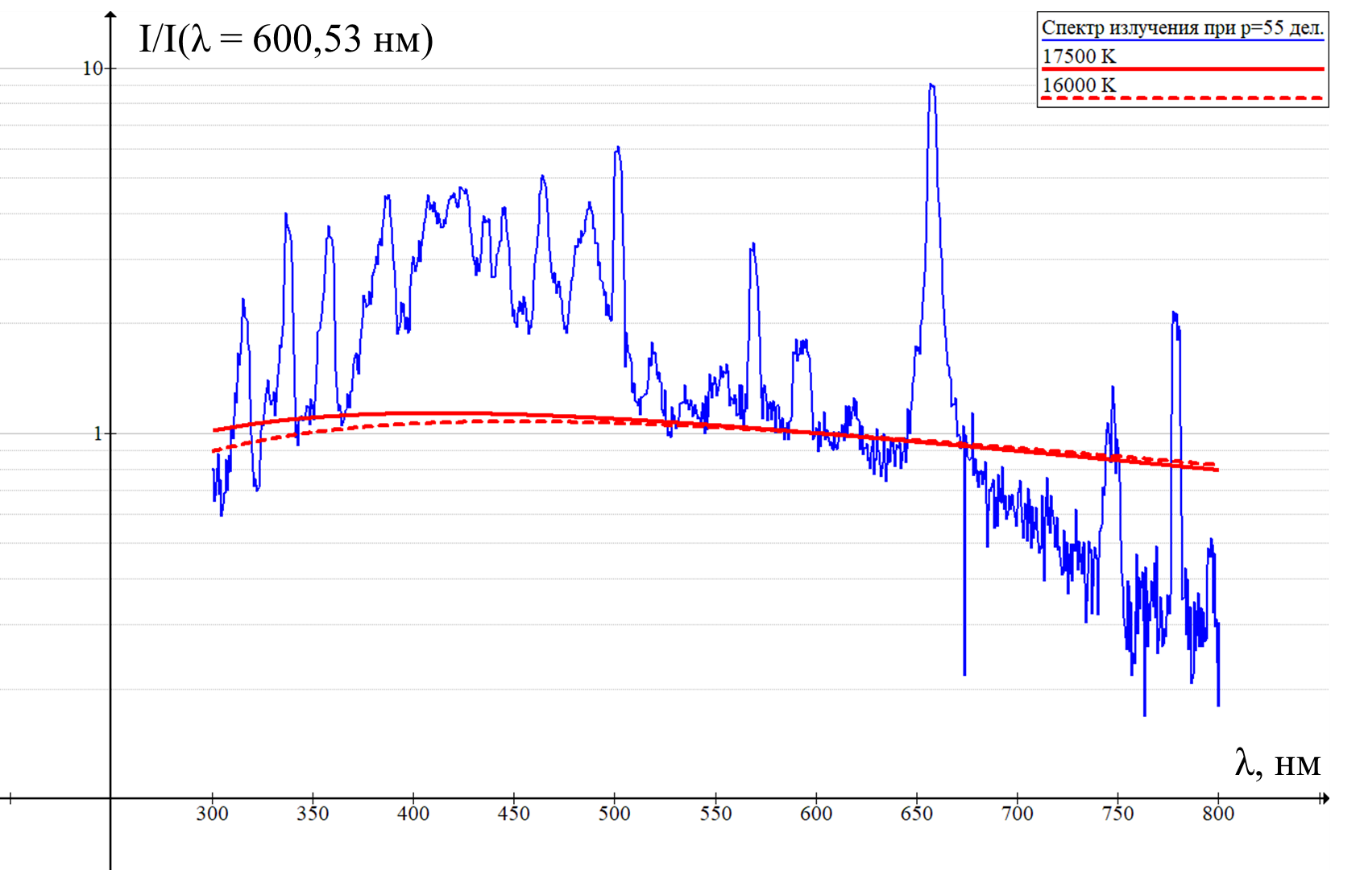
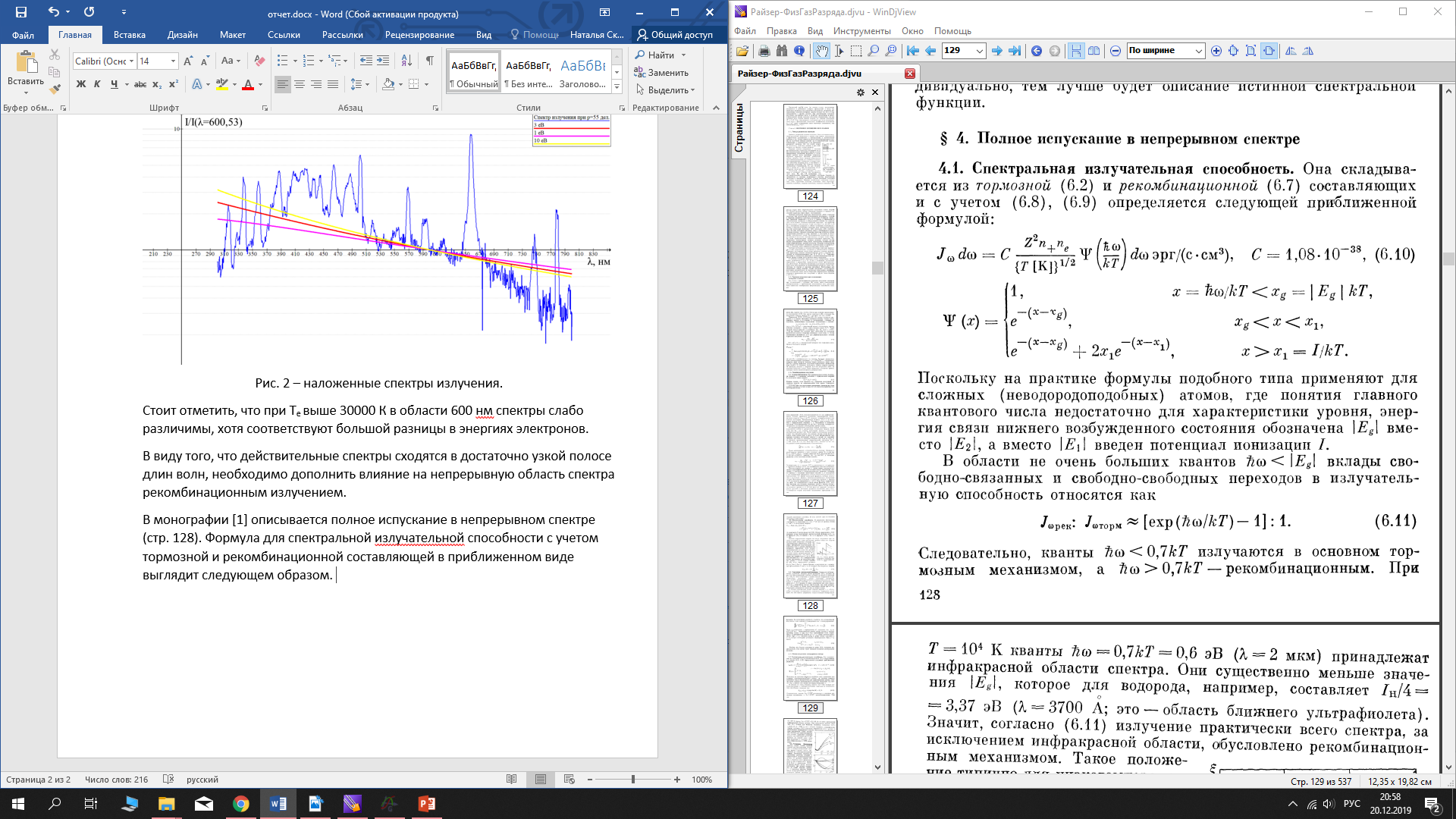


Рис. 5 – Наложенные спектры тормозного излучения с максимумами при 410 нм (17500 К), 450 нм (16000 К).

В виду того, что спектры сходятся в достаточно узкой полосе длин волн, необходимо дополнить влияние на непрерывную область спектра рекомбинационным излучением.

В монографии [1] описывается полное испускание в непрерывном спектре (стр. 128). Формула для спектральной излучательной способности с учетом тормозной и рекомбинационной составляющей в приближенном виде выглядит следующем образом:



Проведя аналогичную процедуру, чтобы описана для тормозного спектра, необходимо подобрать ту энергию электронов, при которой спектры будут совпадать.

[1] Ю. П. Райзер. Физика газового разряда. 1992 г.

[2] В. М. Шибковa, Л. В. Шибкова, А. А. Логунов. Температура электронов в плазме разряда постоянного тока, создаваемого в сверхзвуковом воздушном потоке. ВМУ. Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 2017. № 3. 2016 г.