

Б.Ю. Гриневич, Т.П. Дармограй, Н.Є. Гоц  
Національний університет “Львівська політехніка”  
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації

## ВІЗУАЛЬНИЙ ПІРОМЕТР З РОЗШИРЕНОЮ НИЖНЬОЮ ГРАНИЦЕЮ ВИМІРЮВАННЯ

© Гриневич Б.Ю., Дармограй Т.П., Гоц Н.Є., 2004

**Запропонована конструкція оптичної системи візуального пірометра для вимірювання в низькотемпературній області.**

**The offered construction of the optical system of visual pyrometer for measuring in a low temperature region.**

Застосування візуального пірометра при температурах, нижчих за 700 °С, недоцільне через низький рівень власного видимого випромінювання об'єктів дослідження. Візуальний пірометр працює за принципом порівняння яскравості нитки розжарювання на фоні об'єкта дослідження (фотометрування) і відбувається на довжині хвилі  $\lambda=0,65$  мкм. За таких температур випромінювання відбувається в ближній інфрачервоній області і не може бути зафіксоване людським оком. Існують пристрої, що дають змогу перетворити це випромінювання у видиме і тим самим розширити нижню межу вимірювання візуального пірометра. Такими пристроями є електронно-оптичні перетворювачі (ЕОП), які працюють на принципі підсилення яскравості зображення в області видимого випромінювання і перетворення інфрачервоного у видиме. Використавши ЕОП, можливо застосувати традиційний принцип візуальної пірометрії – фотометрування при температурах, нижчих за 700 °С.

Випромінювання від об'єкта дослідження проходить через об'єктив і створює на катоді ЕОП інфрачервоне зображення, яке електронно перетворюється і проектується в жовто-зеленому свіщенні на вихідному екрані, передається через окуляр на око спостерігача.

Добір ЕОП для приладів виконують переважно за чутливістю катода, роздільною здатністю і чистотою поля зору. Особливість ЕОП в тому, що зображення чітке тільки в центрі, а ближче до країв спотворене і розмите. Крім того, якщо в поле зору потрапляють точки з високою інтенсивністю випромінювання, то вони можуть засвітити все зображення, перешкоджаючи спостереженню за іншими ділянками об'єкта. Щоб уникнути засвіток та спотворень зображення на ЕОП, на осі фотометрування перед ЕОП слід розмістити волоконно-оптичну шайбу, що дає змогу значно збільшити роздільну здатність ЕОП, зменшити спотворення форми предмета і, крім того, захистити зображення від засвіток точковими джерелами світла (явище повного внутрішнього відбивання в оптоволокну).

Крім цього, сам ЕОП має електронний захист від надмірного свічення екрана при перевищеннях рівня вхідного сигналу, що проектується на катод. Ця система захисту екрана виконує і функції автоматичного регулювання яскравості екрана до певного значення, яке задає спостерігач.

На рис.1 зображено характеристики спектральної чутливості різних типів ЕОП. Для побудови візуального пірометра вибраний зразок так званого III-го покоління, розширеного в ближню інфрачервону область [1], з такими характеристиками: пік чутливості фотокатода зміщений у інфрачервону область і його величина до 900–1600 мА/лм, роздільна здатність 32–64 штр/мм і ресурс до 10000 год.

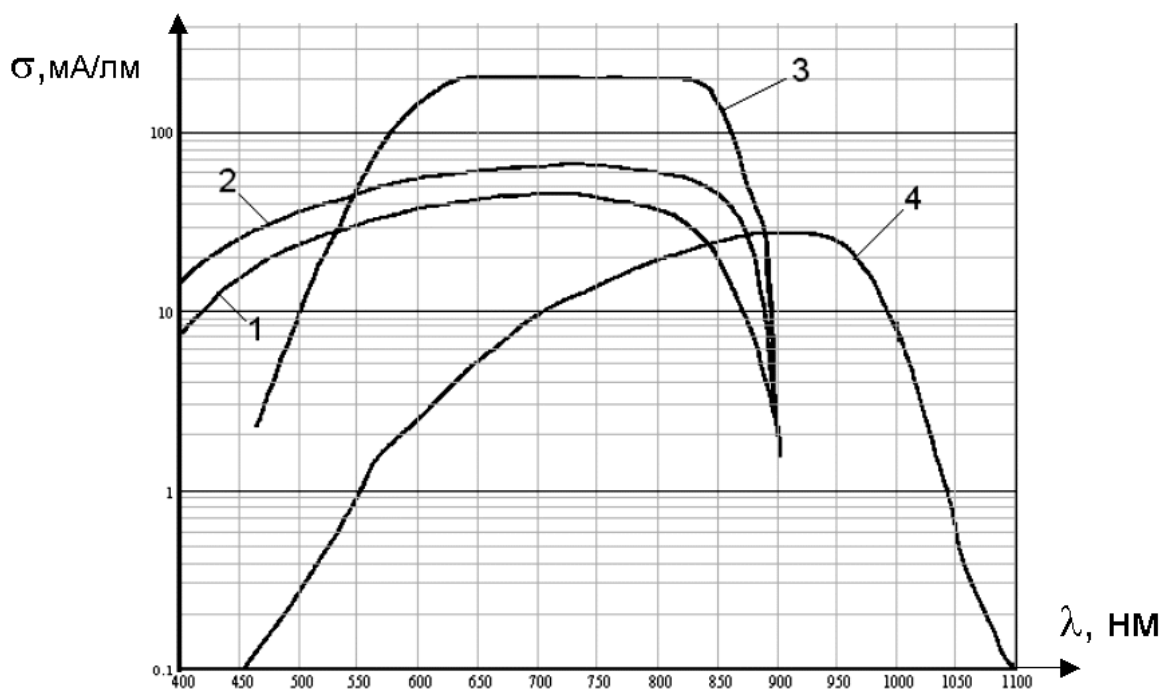


Рис. 1. Типові спектральні характеристики сучасних фотокатодів:  
 1 – багатоциліндрий (S-25) фотокатод; 2 – покращений багатоциліндрий (Super S-25) фотокатод;  
 3 – фотокатод 3-го покоління (GaAs) модифікації OMNI IV;  
 4 – продовжений в ближню ІЧ-область (ENIR) фотокатод на основі InGaAs

Для виконання операції фотометрування за принципом візуального пірометра необхідно пірометричну лампочку розташувати перед ЕОП так, щоб отримати чітке зображення нитки розжарювання на катоді ЕОП.

Будова оптичної системи приладу матиме вигляд, зображений на рис. 2:

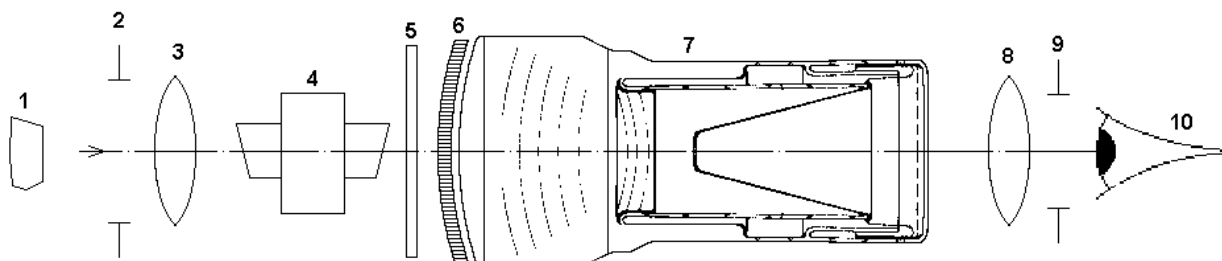


Рис. 2. Оптична система пірометра:  
 1 – об'єкт дослідження; 2,9 – діафрагми; 3 – об'єктив; 4 – пірометрична лампочка;  
 5 – світлофільтр; 6 – оптично-волоконна шайба; 7 – ЕОП; 8 – окуляр; 10 – око спостерігача

Інфрачервоне зображення об'єкта вимірювання фокусують за допомогою об'єктива 3 на оптично-волоконній шайбі 6. Світлофільтр 5 використовують, щоб уникнути попадання променів видимого діапазону. На цю саму шайбу фокусується зображення нитки розжарювання пірометричної лампочки 4. Інфрачервоне зображення об'єкта і нитки розжарювання перетворюється у видиме на екрані ЕОП і спостерігається через окуляр. За традиційним принципом візуальної пірометрії порівнюють яскравості зображення нитки розжарювання з яскравістю об'єкта.

Застосування пірометричної лампочки при температурах нитки розжарювання, нижчих за 700 °С, не приводить до випаровування вольфраму і запилення внаслідок цього проглядових вікон. Часова інструментальна похибка за рахунок пірометричної лампочки відсутня [3].

Похибка вимірювання від температури колби лампи у такому разі більша, ніж при використанні на температурах, вищих за 700 °С. Для уникнення цієї похибки необхідно виконувати контроль температури колби лампи або її термостатувати.

Для того, щоб отримувати на катоді ЕОП тільки інфрачервону область випромінювання від об'єкта і нитки розжарювання, треба підібрати світлофільтр так, щоб сумарні спектральні характеристики чутливості катода ЕОП і коефіцієнта пропускання світлофільтра були в інфрачервоній області. Виконавши розрахунки для різних типів світлофільтрів [2], перемноживши їх пропускні спроможності і спектральні характеристики ЕОП, отримаємо результати, відображені на рис. 3–8.

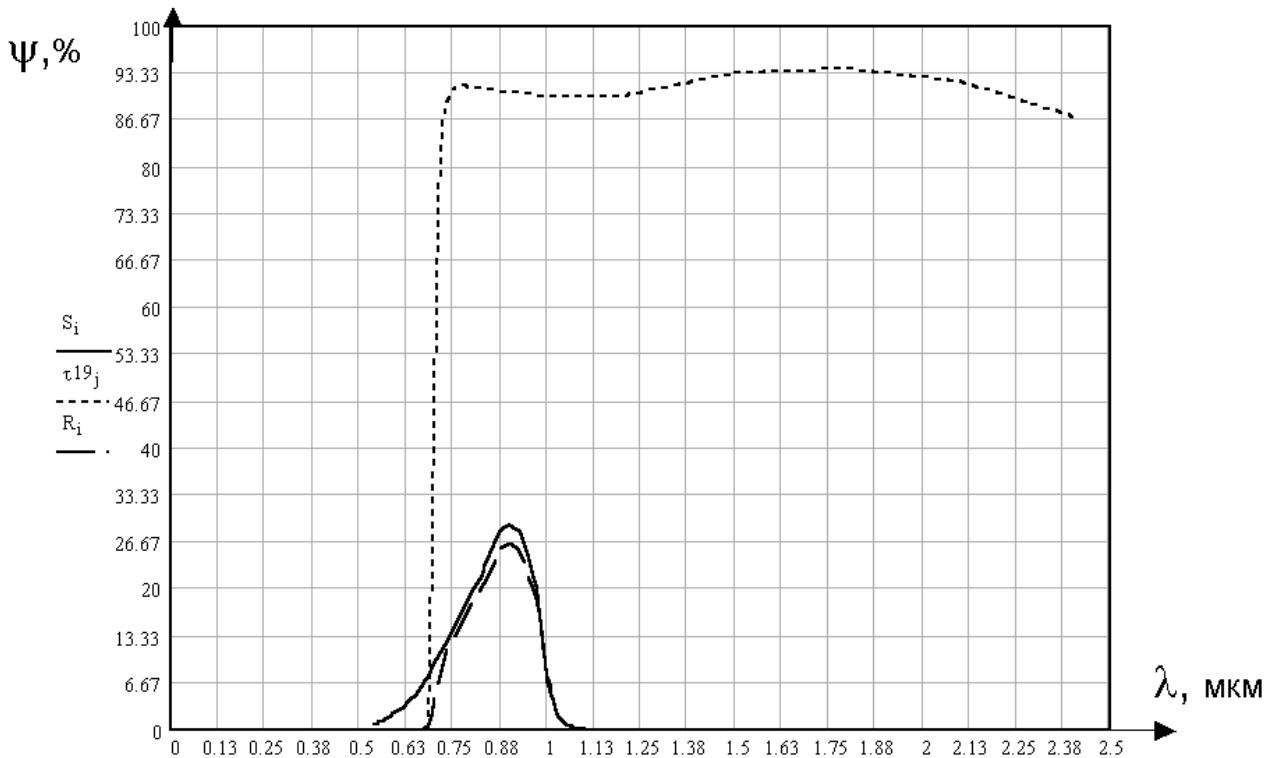


Рис. 3. Сумарна частотна характеристика ЕОП і світлофільтра КС–19

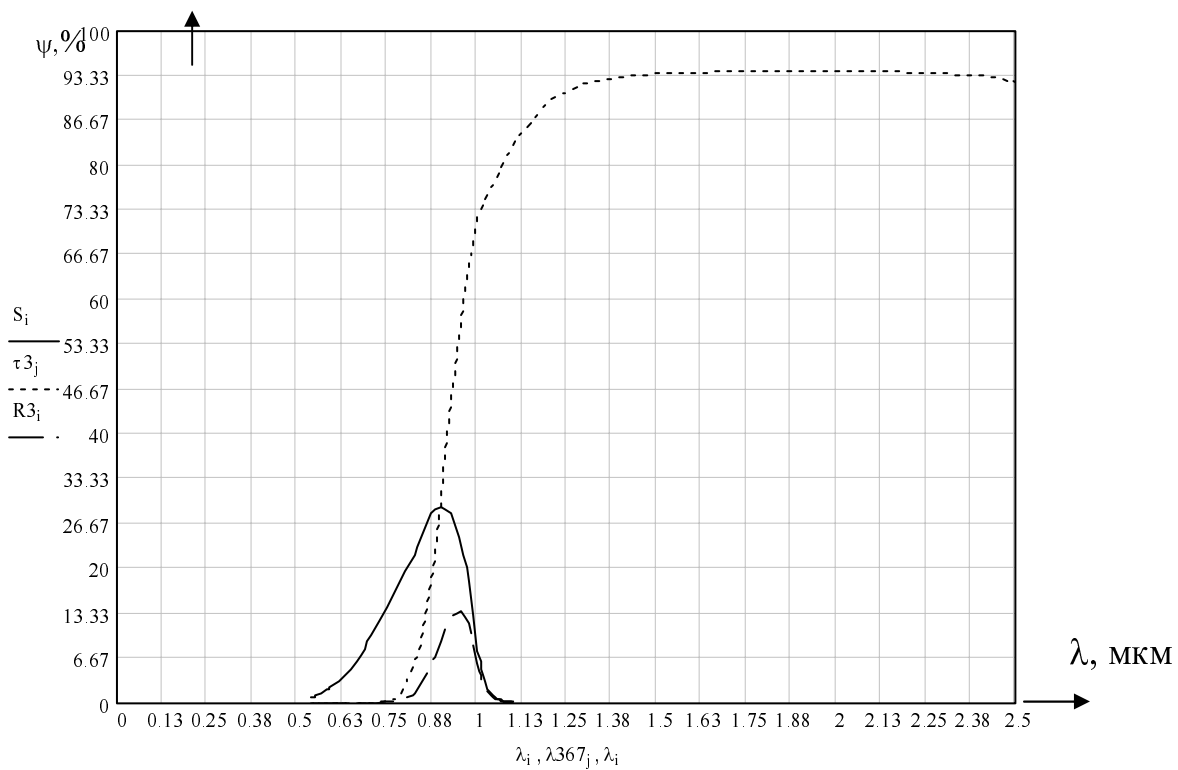


Рис. 4. Сумарна частотна характеристика ЕОП і світлофільтра ІКС–3

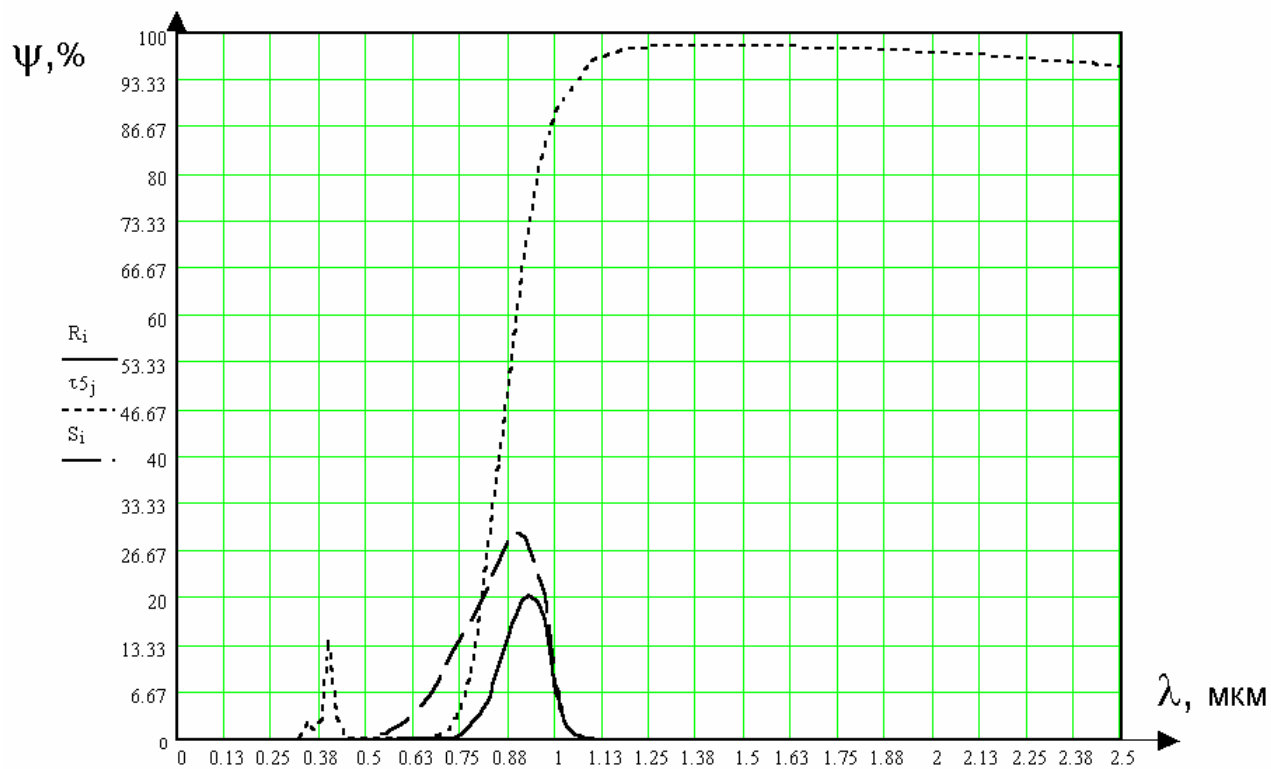


Рис. 5. Сумарна частотна характеристика ЕОП і світлофільтра ІКС-5

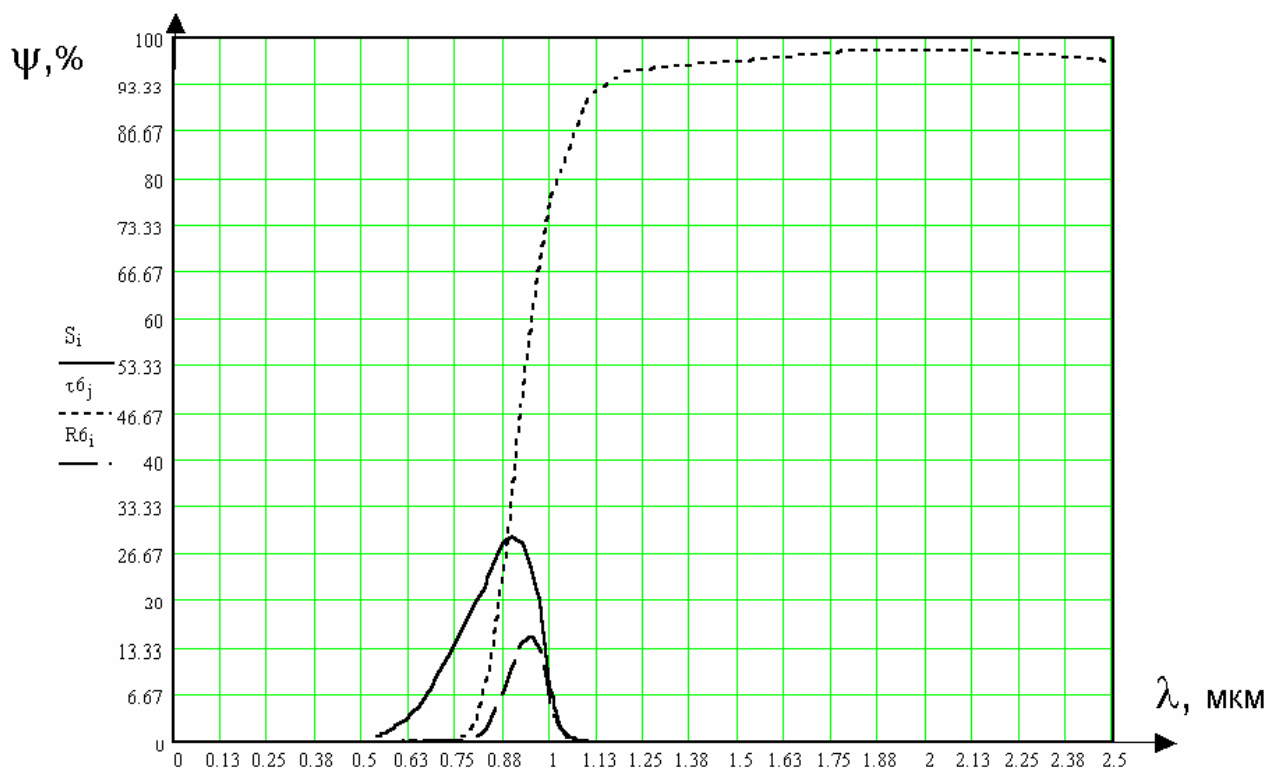


Рис. 6. Сумарна частотна характеристика ЕОП і світлофільтра ІКС-6

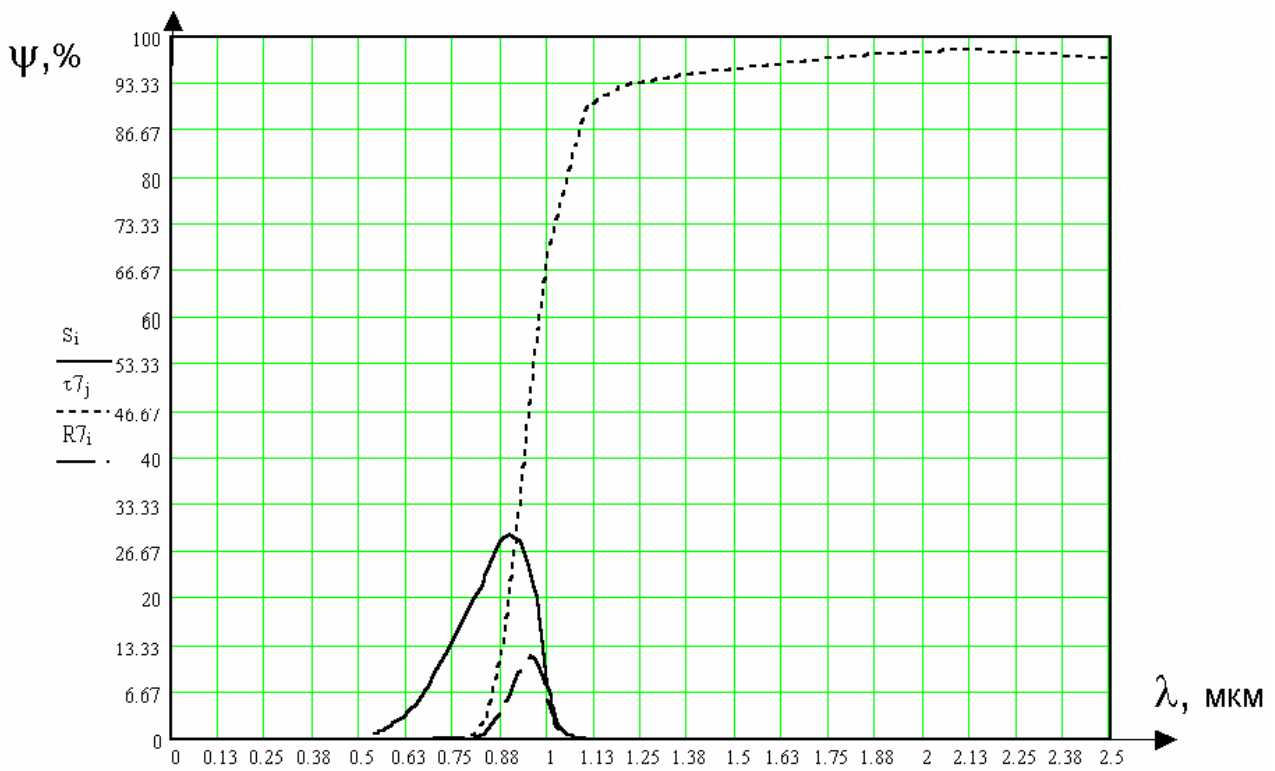


Рис. 7. Сумарна частотна характеристика ЕОП і світлофільтра ИКС-7

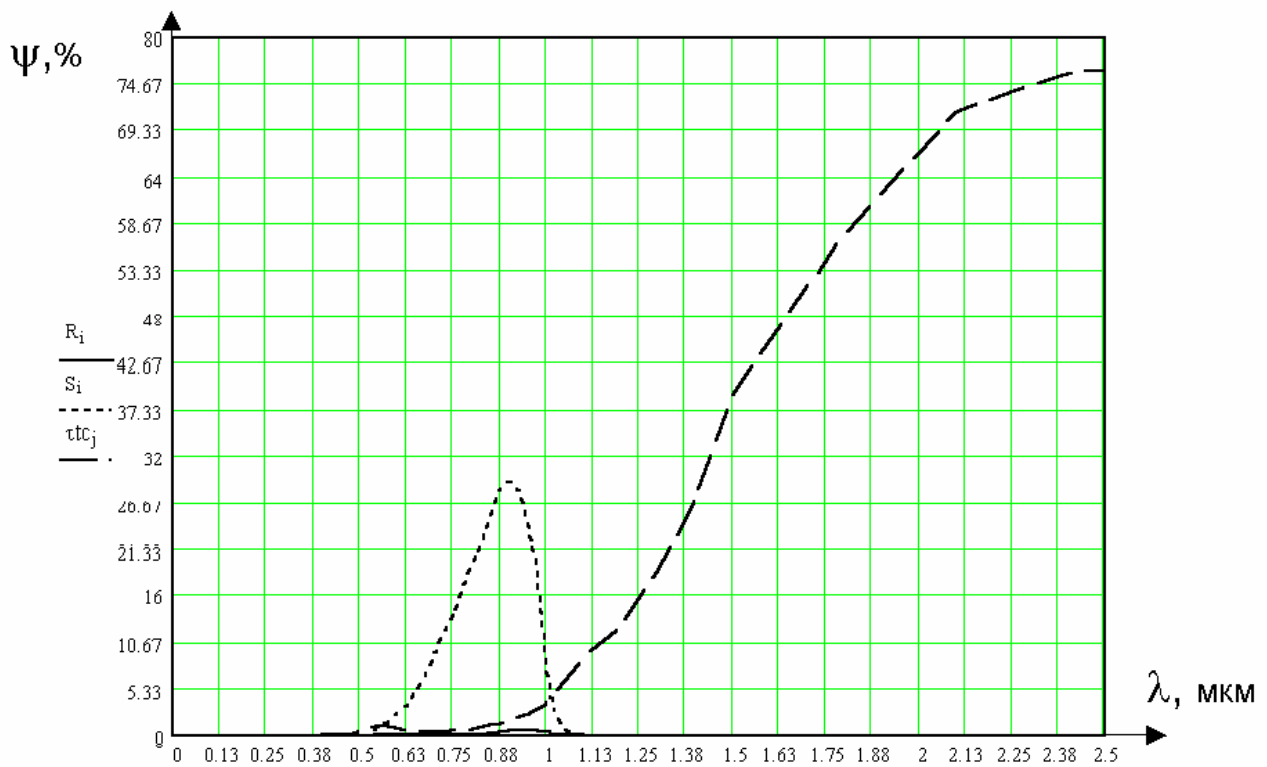


Рис. 8. Сумарна частотна характеристика ЕОП і світлофільтра ТС-3

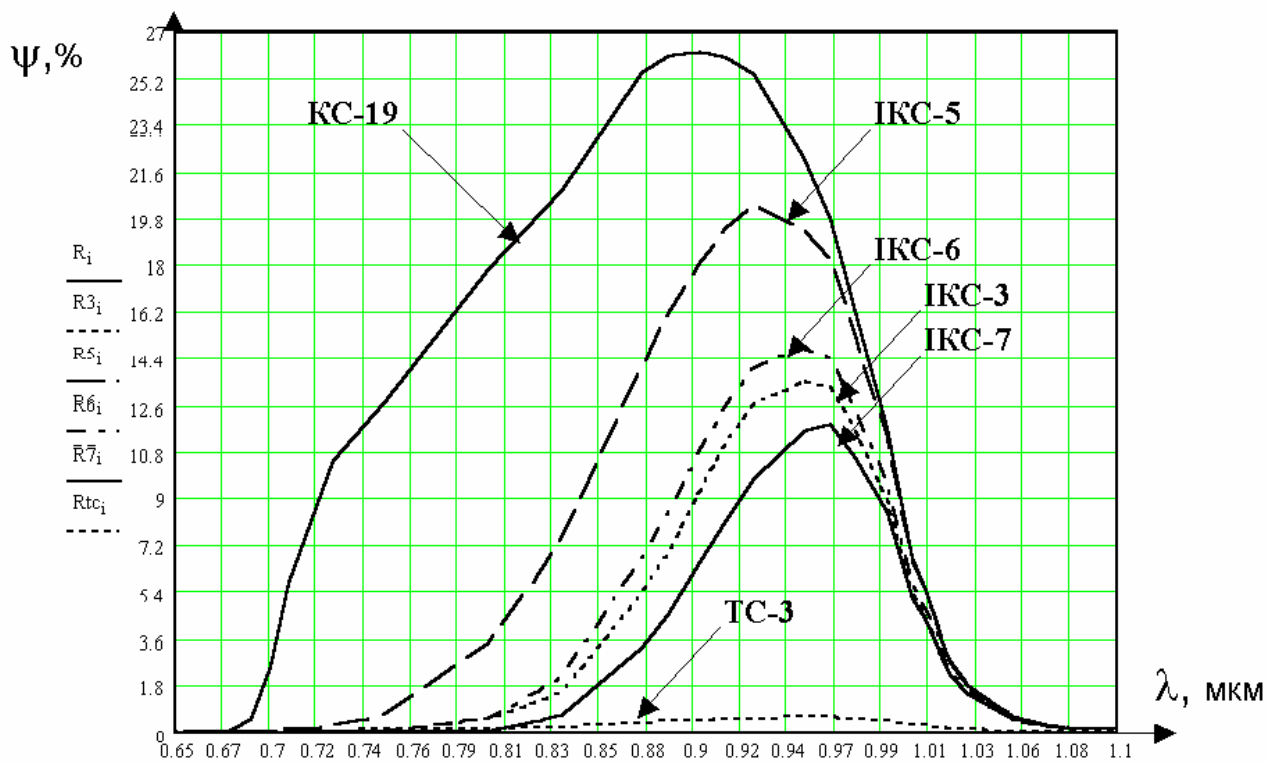


Рис. 9. Сумарні частотні характеристики ЕОП і світлофільтрів

Враховуючи умову максимальної чутливості за рівнем сигналу від об'єкта вимірювання та чутливість тільки в інфрачервоній області, згідно з рис. 9 доцільно вибрати для використання в оптичній системі ЕОП з фільтром типу ІКС-6. Світлофільтри ІКС-3 та ІКС-7 також можна використовувати, хоча чутливість системи буде дещо нижчою. Використання фільтра ТС-3 недоцільне, оскільки чутливість системи буде дуже малою, а фільтри КС-19 та ІКС-5 – частково захоплюють видиму область, що в наших умовах недопустимо.

1. Мусатов А.Л. Фотоэммитеры с отрицательным электронным средством // Итоги науки и техники. Сер. Электроника и ее применение. Т. 11. – М., 1979. 2. ГОСТ 9411–81 Стекло цветное оптическое. – М., 1981. 3. Гриневич Б.Ю., Засименко В.М., Столярчук П.Г. Підвищення точності технологічних процесів шляхом вдосконалення безконтактних засобів вимірювання температури // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. – Зб. наук. пр. асоціації “Автобус” Мінпромполітики України. – 1999. – № 2. – С. 23–25.