

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМЕПРАТУРИ



Студент групи ЛТО-17мз:
Зборовський В. П.

Науковий керівник:
доц. каф. ЛОТ
Тарновський М.Г.

Методи вимірювання температури

Контактні

засновані на безпосередньому контакті вимірювального перетворювача з об'єктом

Переваги:

- великий асортимент різноманітних перетворювачі для широкого кола застосувань;
- відносно мала вартість;
- прийнятна точність.

Недоліки:

- спотворення температурного поля об'єкта при контакті з перетворювачем;
- внаслідок власного споживання теплової енергії температура перетворювача завжди відрізняється від температури об'єкта;
- порівняно висока інерційність через наявність власної теплоємності;
- верхня межа вимірювання обмежена властивостями матеріалів, з яких виготовлені перетворювачі;
- неможливість застосування для вимірювання температури рухомих об'єктів.

Безконтактні

засновані на оптичних методах вимірювання і полягають у сприйнятті теплової енергії об'єкта

Переваги:

- відсутність фізичного контакту з об'єктом;
- безінерційність;
- висока чутливість;
- висока точність;
- можливість застосування для вимірювання температури рухомих об'єктів, у важкодоступних місцях.

Недоліки:

- залежність достовірності результатів вимірювання від багатьох факторів, які, у ряді випадків, важко передбачити та врахувати;

Мета роботи:

покращення функціональних характеристик системи контролю температури за рахунок підвищення достовірності визначення температури та розширення можливостей її застосування

Основні задачі:

1. Аналіз сучасних оптичних методів вимірювання температури.
2. Вибір методу вимірювання температури, аналіз його недоліків та визначення шляхів їх усунення.
3. Визначення принципів побудови оптико-електронної системи контролю температури з покращеними функціональними характеристиками.

Об'єт дослідження:

**процеси, пов'язані з тепловим випромінюванням
нагрітих тіл**

Предмет дослідження:

**методи та засоби вимірювання температури нагрітих
тіл за їх тепловим випромінюванням**

Наукова новизна отриманих результатів:

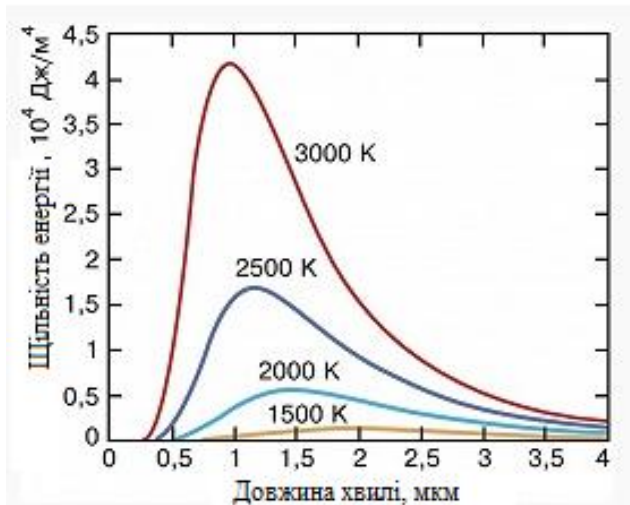
За рахунок вимірювання потоку теплового випромінювання на кількох довжинах хвиль підвищено достовірність пірометричного методу вимірювання температури у випадках невизначеності коефіцієнта випромінювання, що розширює області його застосування

Практичне значення отриманих результатів:

Запропоновано підходи до структурної та функціональної побудови оптико-електронної системи для проведення багаточкового контролю температури за пірометричним методом, застосування якої не потребує виконання попередніх підготовчих операцій

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ПІРОМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Залежність спектральної щільності енергетичної світимості абсолютно чорного тіла від довжини хвилі при різних температурах



Спектральна щільність випромінювання абсолютно чорного тіла описується Формулою Планка

$$r(\lambda, T) = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\left(e^{\frac{hc}{kT\lambda}} - 1 \right)}$$

Формула Планка для потоку випромінювання абсолютно чорного тіла

$$\Phi(\lambda, T) = \frac{2\pi c}{\lambda^4} \cdot \frac{1}{\left(e^{\frac{hc}{kT\lambda}} - 1 \right)}$$

Формула Планка для потоку випромінювання реального тіла

$$\Phi(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda, T) \cdot \frac{2\pi c}{\lambda^4} \cdot \frac{1}{\left(e^{\frac{hc}{kT\lambda}} - 1 \right)}$$

$\varepsilon(\lambda, T)$ – коефіцієнт випромінювання

При малих довжинах хвиль, коли $hc/\lambda \gg kT$, формула Планка переходить у формулу Віна

$$\Phi(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda, T) \cdot \frac{2\pi c}{\lambda^4} \cdot e^{-\frac{hc}{kT\lambda}}$$

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПІРОМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Коефіцієнт випромінювання $\varepsilon(\lambda, T)$ найбільш сильно залежить від довжини хвилі λ .

Для того, щоб можна було описати лінійну або експоненціальну залежність пропонується представити $\varepsilon(\lambda)$ як:

$$\varepsilon(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda) = a_0 + a_1 \cdot \lambda \cdot e^{a_2 \lambda}$$

Тоді формула Віна набуде вигляду:

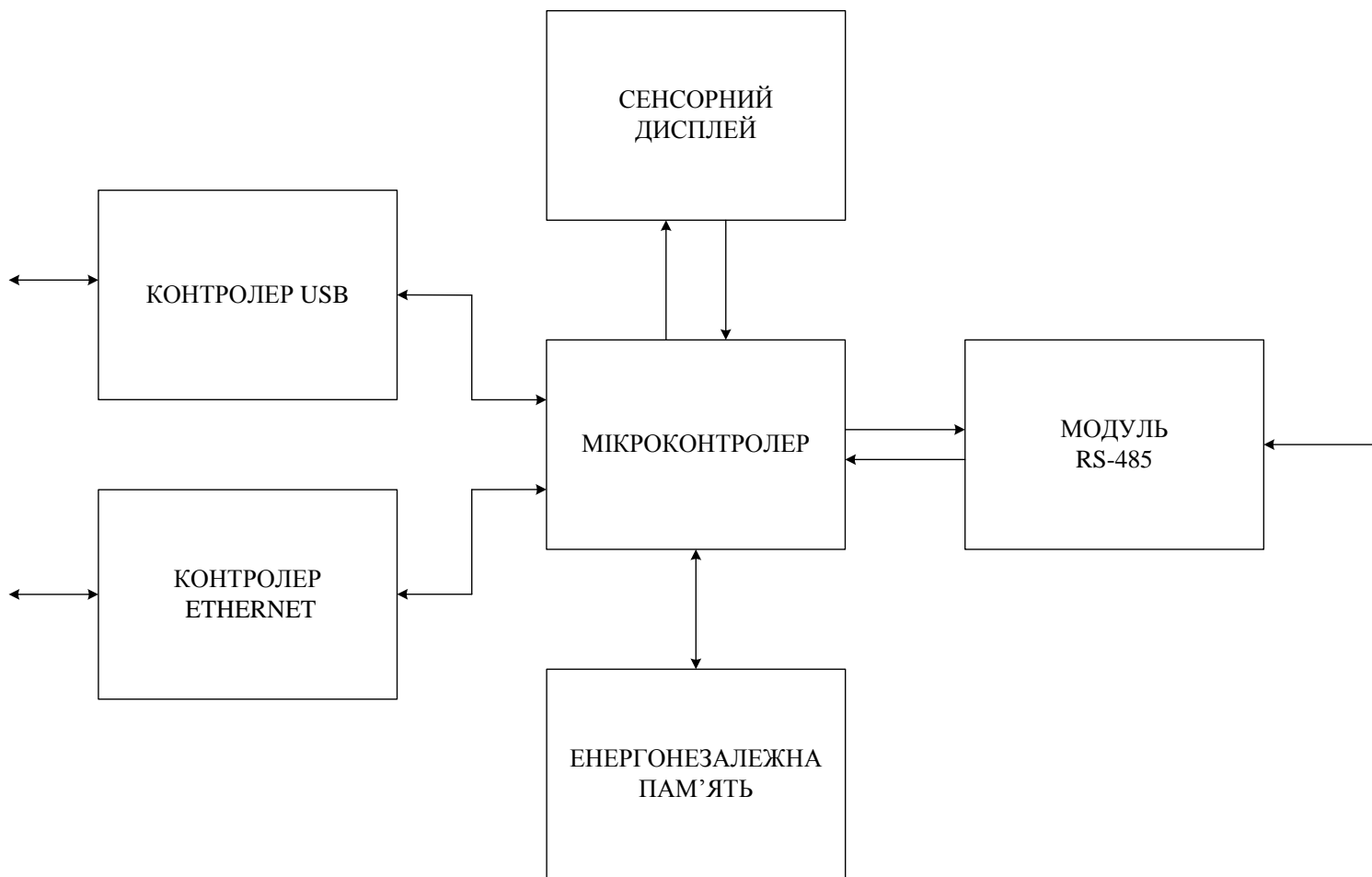
$$\Phi(\lambda, T) = (a_0 + a_1 \cdot \lambda \cdot e^{a_2 \lambda}) \cdot \frac{2\pi c}{\lambda^4} \cdot e^{-\frac{hc}{kT\lambda}}$$

Вимірюючи $\Phi(\lambda, T)$ на різних довжинах хвиль, отримуємо експериментальні значення.

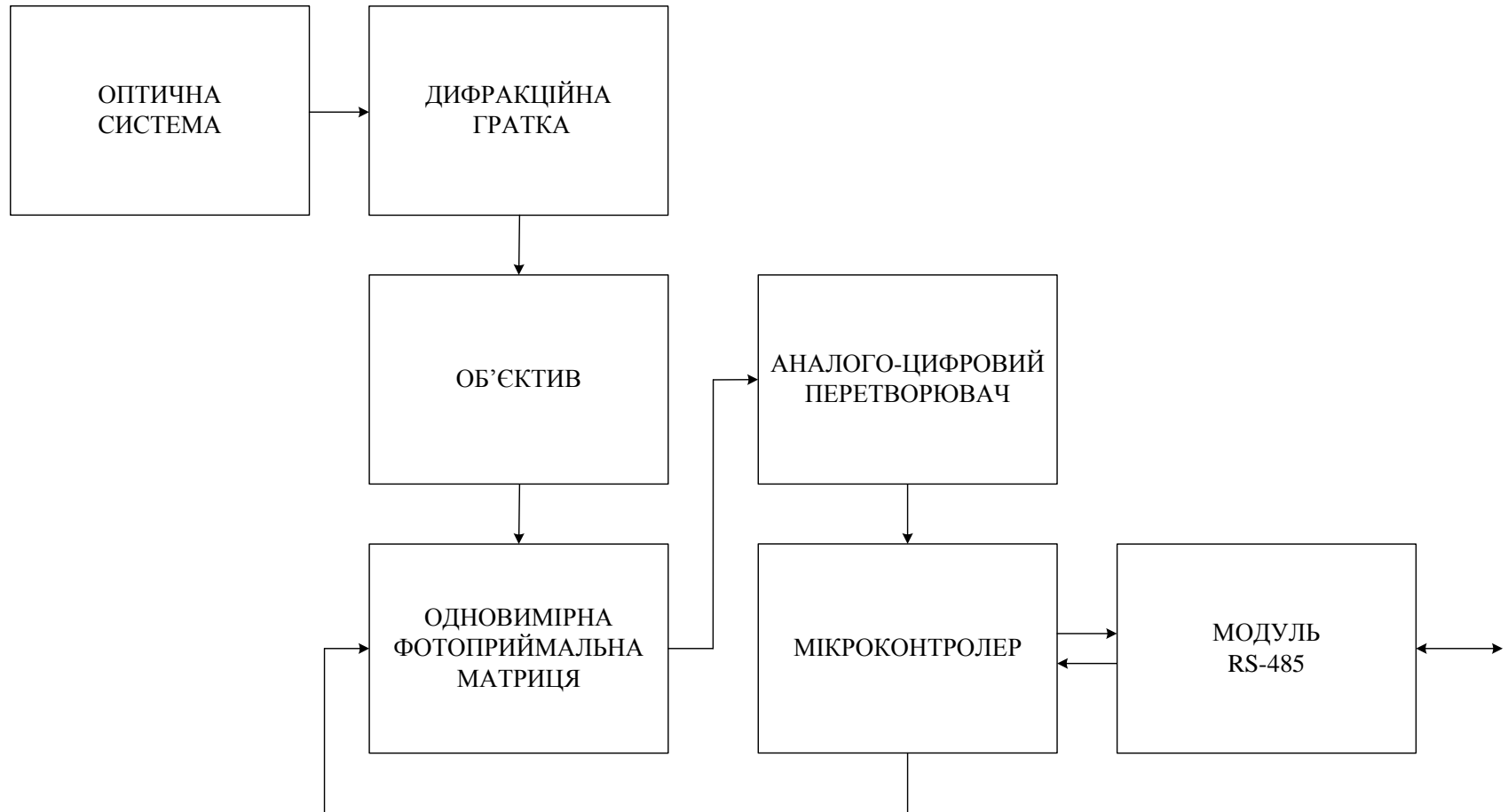
Використовуючи виміряні значення $\Phi_i(\lambda_i, T)$ за методом найменших квадратів отримуємо систему, після розв'язання якої визначимо температуру T

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N \left(\Phi_i(\lambda_i, T) - (a_0 + a_1 \cdot \lambda_i \cdot e^{a_2 \lambda_i}) \cdot \frac{2\pi c}{\lambda_i^4} \cdot e^{-\frac{hc}{kT\lambda_i}} \right) \cdot \frac{2\pi c}{\lambda_i^4} \cdot e^{-\frac{hc}{kT\lambda_i}} = 0 \\ \sum_{i=1}^N \left(\Phi_i(\lambda_i, T) - (a_0 + a_1 \cdot \lambda_i \cdot e^{a_2 \lambda_i}) \cdot \frac{2\pi c}{\lambda_i^4} \cdot e^{-\frac{hc}{kT\lambda_i}} \right) \cdot \frac{2\pi c}{\lambda_i^3} \cdot e^{a_2 \lambda_i} e^{-\frac{hc}{kT\lambda_i}} = 0 \\ \sum_{i=1}^N \left(\Phi_i(\lambda_i, T) - (a_0 + a_1 \cdot \lambda_i \cdot e^{a_2 \lambda_i}) \cdot \frac{2\pi c}{\lambda_i^4} \cdot e^{-\frac{hc}{kT\lambda_i}} \right) \cdot a_1 \cdot \frac{2\pi c}{\lambda_i^2} \cdot e^{a_2 \lambda_i} \cdot e^{-\frac{hc}{kT\lambda_i}} = 0 \\ \sum_{i=1}^N \left(\Phi_i(\lambda_i, T) - (a_0 + a_1 \cdot \lambda_i \cdot e^{a_2 \lambda_i}) \cdot \frac{2\pi c}{\lambda_i^4} \cdot e^{-\frac{hc}{kT\lambda_i}} \right) \cdot (a_0 + a_1 \cdot \lambda_i \cdot e^{a_2 \lambda_i}) \cdot \frac{2\pi h c^2}{kT^2 \lambda_i^5} \cdot e^{-\frac{hc}{kT\lambda_i}} = 0 \end{cases}$$

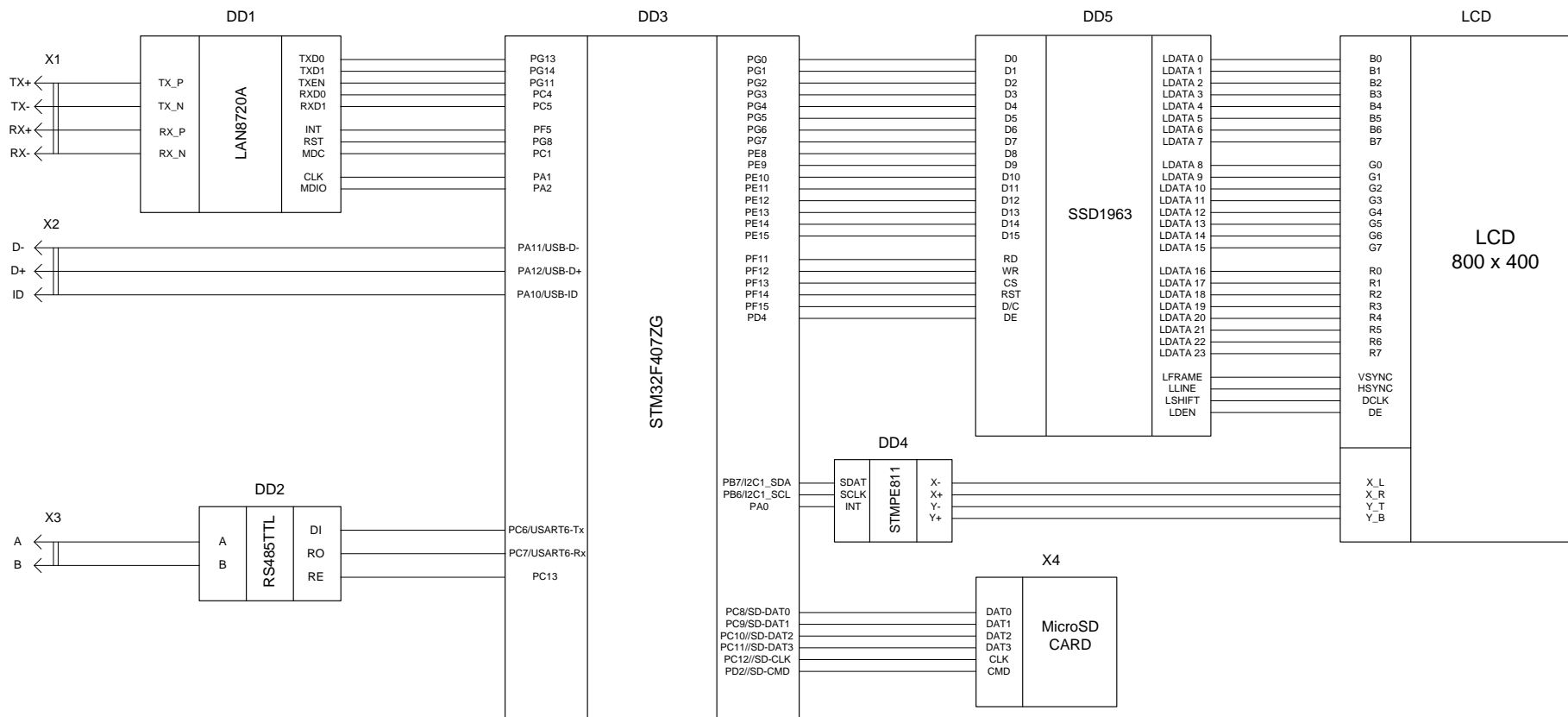
СТРУКТУРНА СХЕМА ГОЛОВНОГО КОНТРОЛЕРА



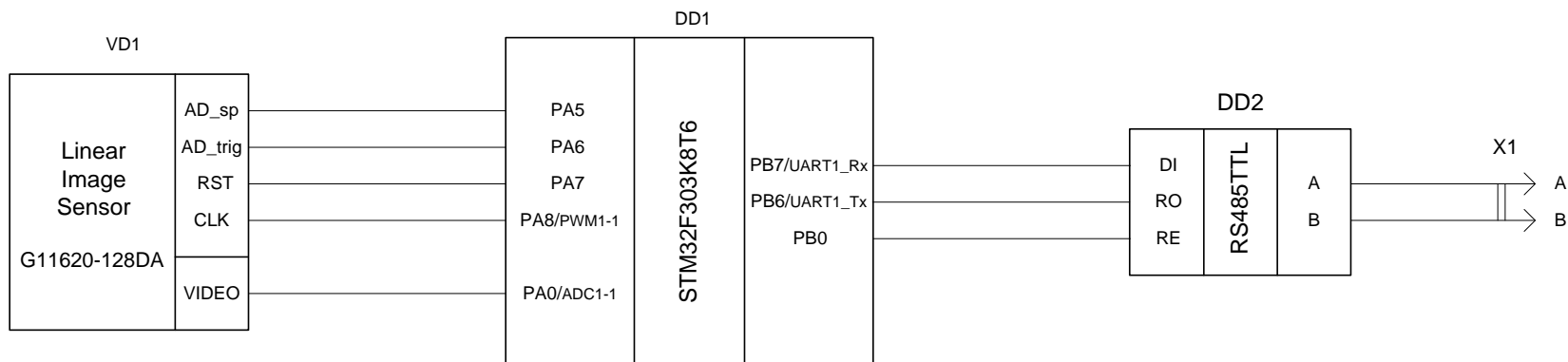
СТРУКТУРНА СХЕМА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ



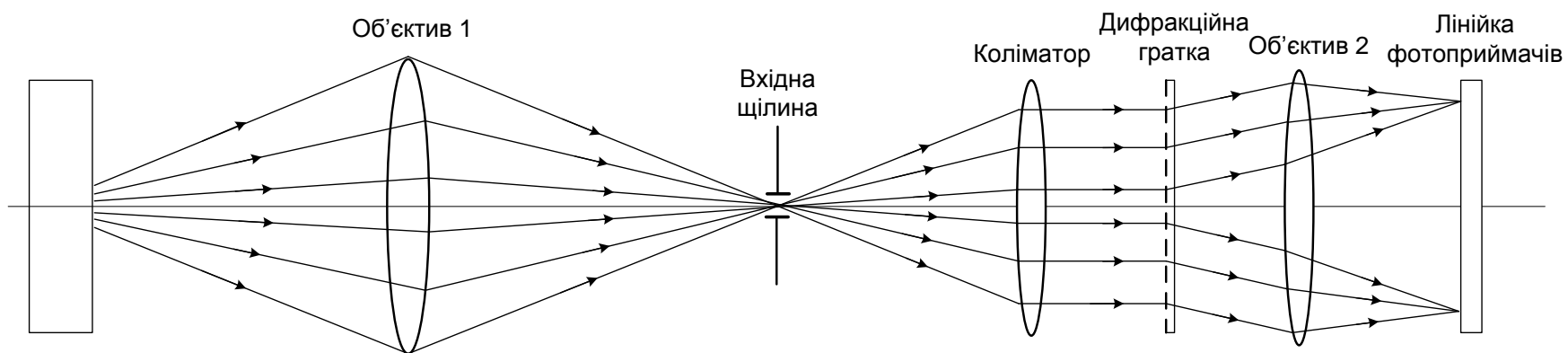
ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ГОЛОВНОГО КОНТРОЛЕРА



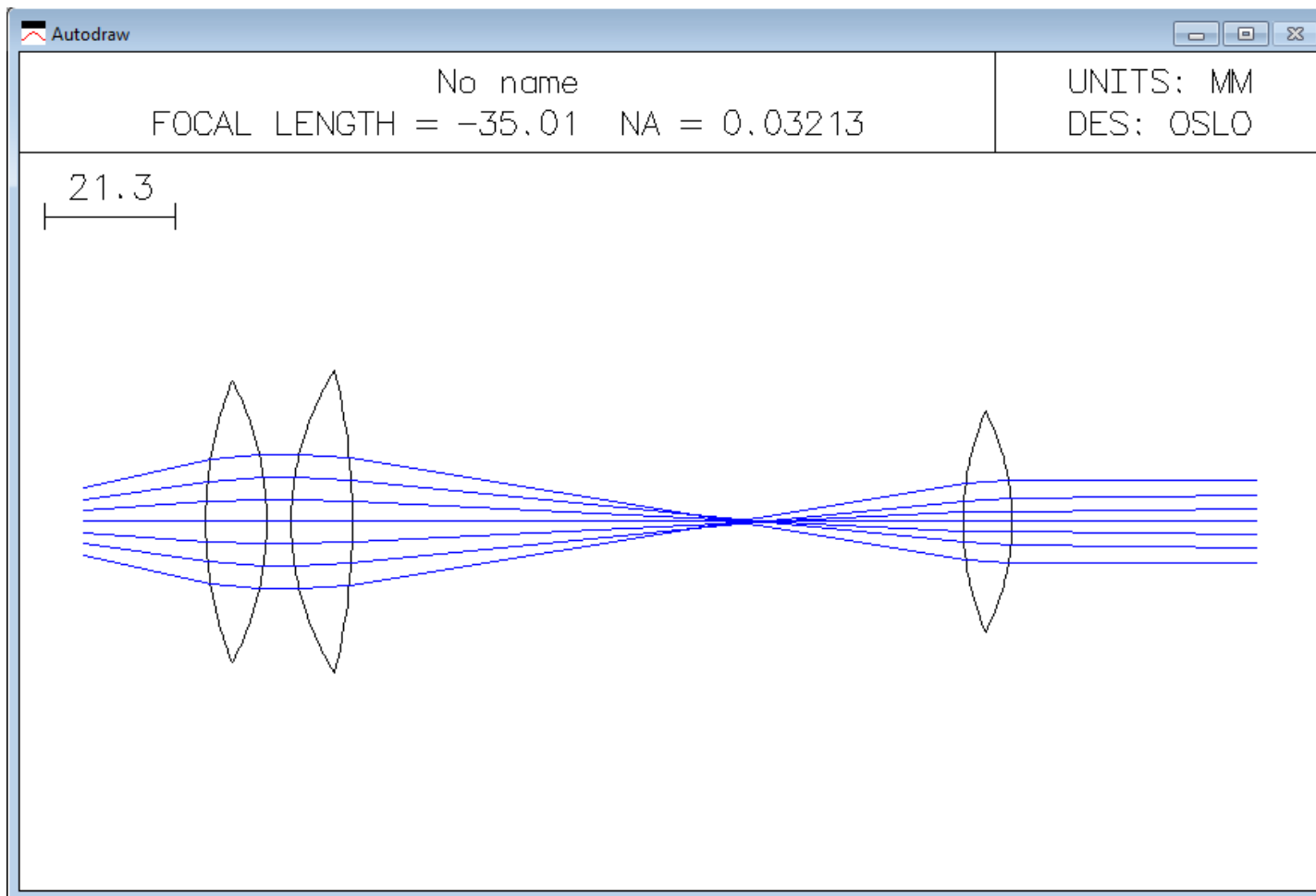
ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ



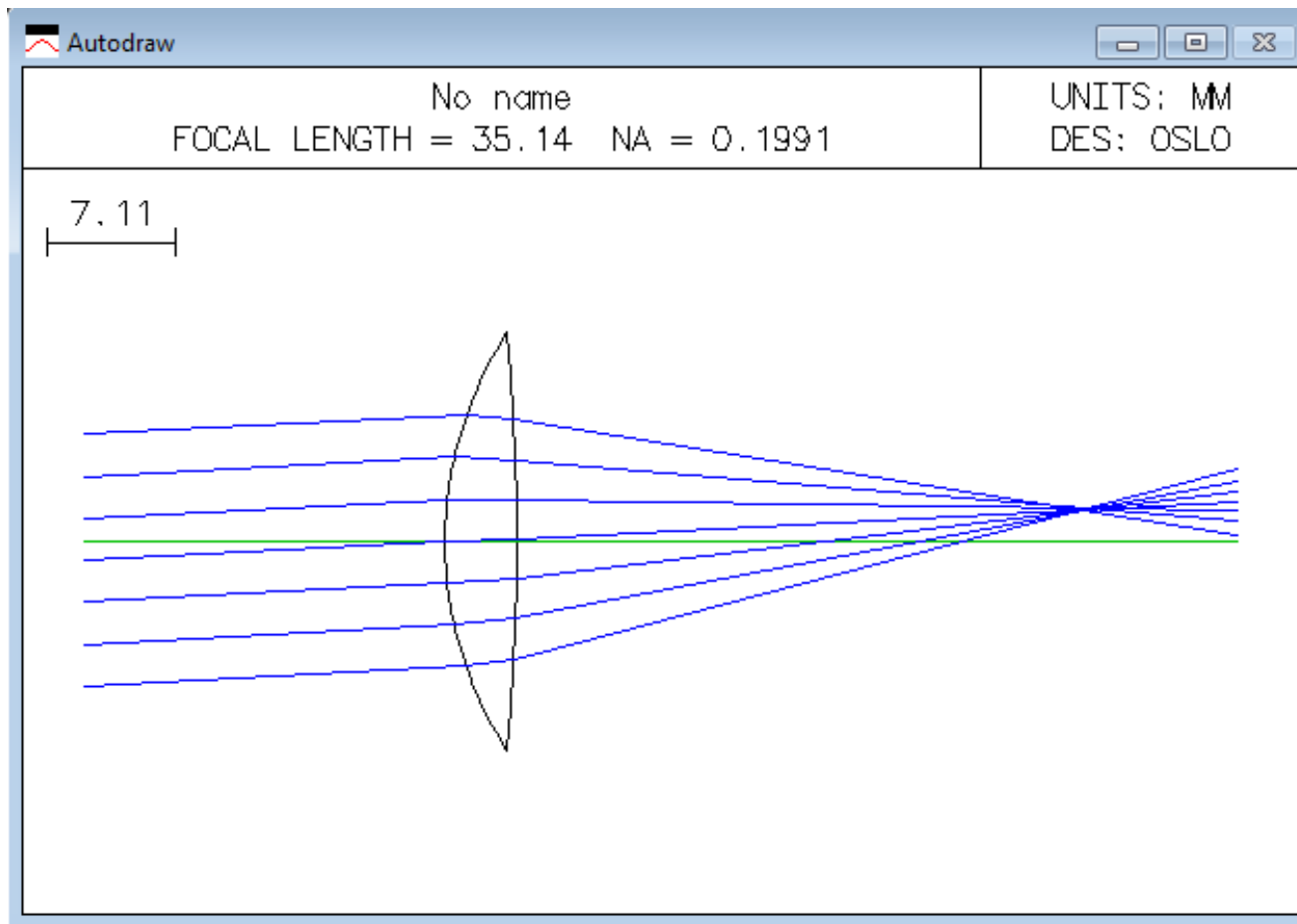
ОПТИЧНА ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ



Результати моделювання ходу променів через оптичну систему об'єтивів 1 - коліатор



Результати моделювання ходу променів через оптичну систему об'єктива 2



ВИСНОВКИ

1. Аналіз сучасних оптичних методів вимірювання температури показав, що лише пірометричні методи повністю відповідають методам безконтактного вимірювання. За порівнянням з іншими, вони дозволяють проводити контроль температури у широкому діапазоні та виключають вплив температурного поля нагрітого тіла на вимірювач.
2. Підвищення достовірності результатів пірометричного вимірювання температури можна досягти за рахунок математичної апроксимації результатів вимірювання потоку теплового випромінювання на кількох довжинах хвиль, при якій математична модель температурної залежності спектрального розподілу потоку теплового випромінювання враховує спектральну залежність коефіцієнта випромінювання
3. Запропоновані на структурному та функціональному рівні принципи побудови оптико-електронної системи дозволяють проводити контроль температури у багатьох точках в діапазоні від 300 до 1300 К без виконання попередніх дій з чорніння поверхні або вимірювання коефіцієнта випромінювання контрольованого об'єкта.
4. Запропонована оптико-електронна система контролю температури може використовуватися як самостійно, так і у складі різноманітних розподілених контрольно-вимірювальних комплексів, побудованих на основі комп'ютерних мереж.