

## **Методи і системи оптично-електронної та цифрової обробки сигналів**

В подальших роботах планується використати отримані результати при теоретичному та експериментальному дослідженні широкоапертурних випромінювачів з розсіюючими елементами.

### **Література**

1. Справочник конструктора оптико-механических приборов. Под общ. ред. Панова В. А. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1980. – 742 с.
2. Кононов В.И., Федоровский Л.Д., Дубинский Г.П. Оптические системы построения изображений. – К.: Техніка, 1981. – 134 с.
3. Иванов А.П. Оптика рассеивающих сред – Минск, 1969. – 591 с.
4. Веревичева М. А., Саприцкий В.И., Столяревская Р.И. и др. Коррекция кремниевых фотометров-компараторов. Ж.: Светотехника. – 1987. – №6. – С. 14-16.

Михеенко Л.А., Коваленко А.В. **Исследование характеристик рассеивания молочных и матовых стекол.**

В статье представлены результаты экспериментального исследования характеристик рассеивания молочных и матовых стекол, определение их пограничных кривых и функции рассеивания линии.

Miheenko L.A., Kovalenko A.V. **Research of the characteristics of dispersion of dairy and ground glasses.**

In clause the results of an experimental research of the characteristics of dispersion of dairy and matte glasses, definition of their boundary curves and functions of dispersion of a line are submitted.

*Надійшла до редакції  
12 червня 2006 року*

УДК 535.5:621.38

## **УНІФІКОВАНИЙ ОПТИКО-МЕХАНІЧНИЙ БЛОК ДЛЯ НАЗЕМНИХ АСТРОНОМІЧНИХ ПРИЛАДІВ**

*Відьмаченко А.П., Неводовський Є.П., Іванов Ю.С., Головна астрономічна обсерваторія  
НАН України, м. Київ, Україна*

*В статті описано уніфікований оптико-механічний блок для астрономічних приладів. Розглянуто основні блоки модуля, їх призначення та конструктивна реалізація*

### **Вступ**

В астрономічній практиці основними традиційними приладами для досліджень небесних тіл в оптичному діапазоні є фотометри, спектрометри, поляриметри та їх комбінації [1, 2]. Але розробка і виготовлення кожного з цих приладів є важкою та дорогою задачею, а жорсткі умови для астрономічних приладів виводять їх до розряду унікальних. Водночас узгодження спостережних даних отриманими різними методами на різній апаратурі є окремою дуже складною та проблематичною задачею.

### **Постановка задачі**

Для отримання різного виду спостережних даних про небесні об'єкти необхідно щоразу знімати з телескопу один прилад і встановлювати інший. При цьому щоразу виникає необхідність виключати їх електроживлення, а потім

знову виводити нову апаратуру на робочий режим, виконувати оптичне юстирування апаратури на телескопі, проводити її тестування і установку початкових умов роботи. Все це може займати від 2 до 5-6 годин часу і, наприклад, в короткі літні ночі взагалі не дозволяє проводити спостереження на одному телескопі з різною апаратурою протягом однієї ночі. В той же час, для багатьох нестационарних об'єктів необхідно отримувати і поляриметричну, і фотометричну, і спектральну інформацію практично одночасно з тим, щоб якомога точніше побудувати їх теоретичну модель. У зв'язку з цим постає практична необхідність в одному оптико-механічному блоці об'єднати якомога ширше коло оптичних і механічних вузлів, швидко введення чи виведення яких на оптичну вісь такого багатофункціонального астрономічного приладу дозволить практично миттєво отримувати на вибір чи фотометричну, чи спектральну, чи проляриметричну інформацію.

### **Опис конструкції уніфікованого ОМБ**

Усі вищеперераховані прилади мають декілька спільних блоків однакового функціонального призначення. Обов'язковими елементами практично будь-якого приладу для астрономічних спостережень є блок змінних діафрагм, пристрій контролю положення об'єкта, блок спектральної селекції, блок поляридного модулятора та реєструючий пристрій [3]. Також бажано мати блок стандартизованого опорного джерела світла для контролю за стабільністю приймального обладнання, прив'язки по довжині хвилі і джерело зі 100% поляризованим світлом. Об'єднавши ці блоки в одному пристрої можна отримати своєрідний уніфікований оптико-механічний блок, який в залежності від постановки конкретної експериментальної наукової задачі може легко змінювати свою конфігурацію (Рис. 1). При цьому інтегральна інструментальна похибка приладу в різних режимах буде практично незмінною, може бути добре вивчена, а то і суттєво зменшена.

На даний момент ми розробили і розпочали виготовлення астрономічного спектрометра поляриметра (СП) низької спектральної роздільної здатності, за допомогою якого планується проводити спостереження як точкових, так і протяжних небесних тіл, що виділятимуться на небі круглими діафрагмами або прямокутними щілинами. Частина цього приладу має уніфіковане функціональне призначення і тому розробляється нами як окремий оптико-механічний блок (ОМБ), який буде також використаний для таких різнопланових астрономічних приладів як панорамний фільтровий фотометр і панорамний фільтровий поляриметр.

Зупинимося детальніше на кожній складовій частині уніфікованого ОМБ.

*Блок змінних діафрагм (БЗД)* СП призначений для виокремлення деталей на поверхні протяжного небесного тіла чи окремого точкового об'єкта. Переважно це лінійка або турель з набором діафрагм і щілин різних розмірів і форм. Поверхню лінійки, обернену до телескопа, роблять або дзеркальною або чорнять (для зменшення впливу розсіяного світла). Чорніння частіше застосовують для фотометрів, призначених для спостереження точкових об'єктів. В такому випадку

ку гідуювання проводять за допомогою спеціального окремого окуляра-гіда, центр якого жорстко з'єднано з оптичною віссю телескопа. Дзеркальну діафрагму переважно використовують у фотометрах для спостереження протяжних небесних об'єктів (планети, комети тощо), завдяки чому, наприклад, з'являється можливість виокремлення окремих деталей диска планети чи частини ядра або хвоста комети. Отвори у лінійці зроблені конусоподібними і з розширенням у бік, протилежний до телескопа; це зменшує вірогідність появи паразитних ефектів взаємодії світлового потоку з тілом діафрагми.

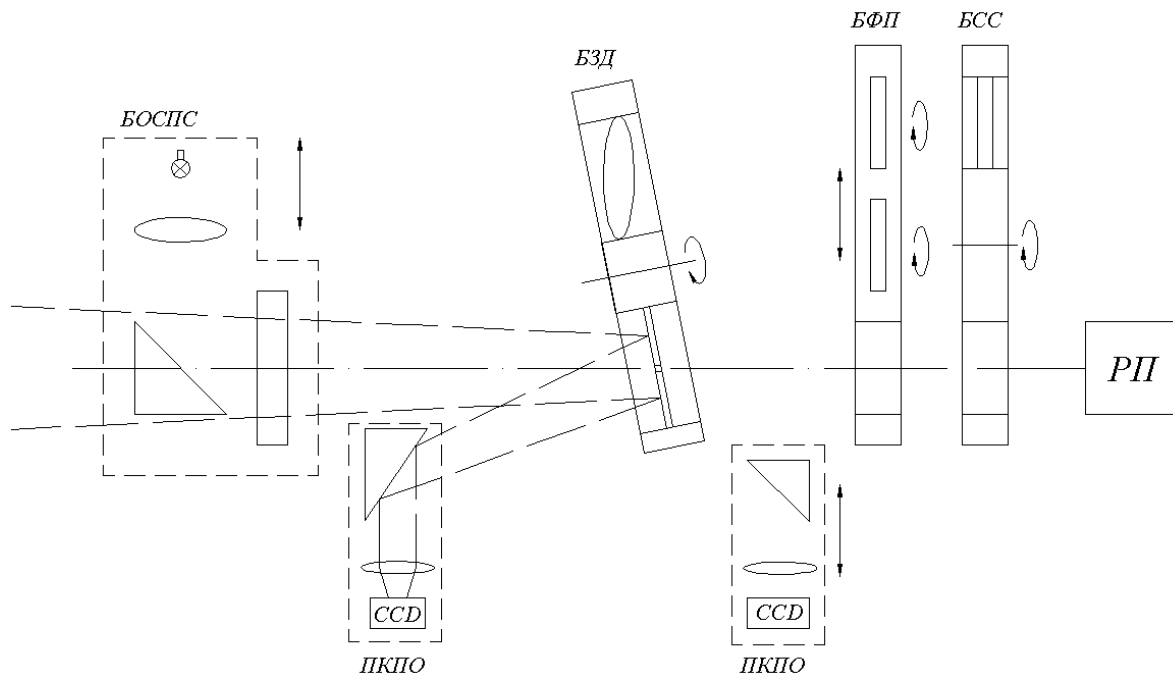


Рисунок 1 – Схема реалізації уніфікованого оптико-механічного блоку. БОСПС – блок опорного спектро-поляриметричного стандарту, БЗД – блок змінних діафрагм, БФП – блок фазових пластинок, ПКПО – пристрій контролю положення об'єкта, БСС – блок спектральної селекції, РП – реєструючий пристрій.

У нашому випадку блок змінних діафрагм представляє собою поворотну турель з дзеркальними діафрагмами різного розміру (0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2 мм) та щілинами (0.1x3.5, 0.2x3.5 мм<sup>2</sup>), яка нахилена на кут 82° до оптичної осі. Замість однієї із діафрагм передбачено розміщення лінзи поля, що дає можливість проводити ще й панорамні спостереження. Зміна діафрагм здійснюється в автоматичному режимі по заданому алгоритму за допомогою крокового двигуна.

Пристрій контролю положення об'єкта (ПКПО) є системою з двох (зовнішнього та внутрішнього) окулярів, які відповідно, розташовані до та після діафрагми. При цьому зовнішній окуляр-гід вмонтовано стаціонарно. Він використовується для пошуку потрібного небесного об'єкта та його постійного гідуювання відносно вибраної системи відліку (поруч розташованих зірок чи інших деталей протяжного астрономічного тіла). Внутрішній окуляр-гід може вводи-

тися на оптичну вісь та виводиться з неї; він застосовується для епізодичного контролю положення об'єкта в діафрагмі.

У якості приймальної частини зовнішнього телегіда використовується ПЗЗ камера WAT-902H, що виводить на екран монітора зображення площини дзеркальної діафрагми (щілини), на якій відображається фокальне зображення частини небесної сфери.

*Блок фазових пластинок (БФП).* Одним з основних функціональних вузлів астрономічних поляриметричних приладів є оптичний фазозсуваючий елемент – аналізатор, який являє собою поляризаційний модулятор. В залежності від способу зміни поляризаційної характеристики поляризаційні модулятори поділяються на два основні типи. Перший – це модулятори, в яких електричний сигнал змінює оптичні параметри середовища. Тобто модулятори „електричний сигнал – світло”, принцип дії яких ґрунтується на зміні анізотропії середовища під дією зовнішнього електричного чи магнітного полів (ефекти Керра, Поккерса, Фарадея, Катона-Мутона). До переваг цих модуляторів слід віднести відсутність механічного приводу та їх безінерційність. Однак ці модулятори на сьогодні ще не дуже надійні і недостатньо ахроматичні. Другий тип – це модулятори „світло – світло”, в яких оптичні параметри змінюються за допомогою механічної переорієнтації поляризаційного елемента. При цьому зміна поляризаційних властивостей відбувається завдяки механічному обертанню поляриметричних елементів (поляризуючих призм, поляроїдів, фазових пластинок (ФП) та ін.). [4]

Серед усіх типів фазозсувачів фазові пластинки відрізняються своєю компактністю, простотою конструкції й малим коефіцієнтом поглинання. При дослідженні монохроматичного світла звичайно досить використовувати просту плоскопаралельну пластинку необхідної товщини, виготовлену із двоякозаломлюючого матеріалу. Однак виготовити таку ахроматичну пластину, здатну працювати в широкому інтервалі довжин хвиль, дуже складно і дуже дорого [5]. Тому в таких випадках звичайно застосовують ахроматичні елементи здатні працювати з перекриттям, хоча б у двох спектральних інтервалах: синьому і червоному.

У нашому випадку блок фазових пластинок представляє собою рухому конструкцію, яка має три фіксованих положення: два для ахроматичних елементів на синю та червону ділянки спектра та порожній отвір, який використовується у тих випадках, коли при спостереженнях фазова пластинка не потрібна. Обертання ФП здійснюється за допомогою крокового двигуна, який обертає пластинку на  $22.50^{\circ} \pm 0.03^{\circ}$  і фіксує її в кожному новому положенні на час вибраної експозиції. Точність обертання контролюється оптичною автоколімаційною системою.

*Блок спектральної селекції (БСС)* для фотометра чи фотополариметра представляє собою набір світлофільтрів, які визначають робочий спектральний діапазон і мають характеристики необхідні для кожної окремої задачі. Тобто кожен спостерігач для конкретної експериментальної задачі повинен мати можливість швидко замінювати у поворотній фільтровій турелі пластину з потріб-

ним набором фільтрів. Час такої заміни не повинен перевищувати 10-15 секунд. Зміна фільтрів здійснюється кроковим двигуном згідно заданого алгоритму, а вибір необхідного світлофільтра здійснюється в автоматичному режимі з допомогою комп'ютера.

Блок опорного спектрополяриметричного стандарту (БОСПС) призначається для калібрування приймачів сигналу. Основним елементом цього блоку є лампа із необхідною яскравістю у заданій спектральній області. Лампа повинна давати певну кількість ліній, більш-менш рівномірно розподілених по заданому спектральному діапазону. Жоден хімічний елемент такого набору не дає. Тому для калібровки по довжинах хвиль була розроблена спеціальна спектральна гелієво-ртутна лампа. Гелій і ртуть спільно створюють необхідний набір ліній від ультрафіолету до ближньої інфрачервоної області. Однак, оскільки потенціали збудження вибраних хімічних елементів істотно відрізняються, то у загальному об'ємі тліючого розряду вони одночасно горіти не можуть. Для розв'язання цієї проблеми в лампу вмонтовано іонний насос, для вирівнювання різниці концентрацій іонів між анодом і катодом; крім того, в лампу додано буферний газ – аргон. На рис.2 показано експериментально виміряний і розшифрований спектр випромінювання даної лампи.

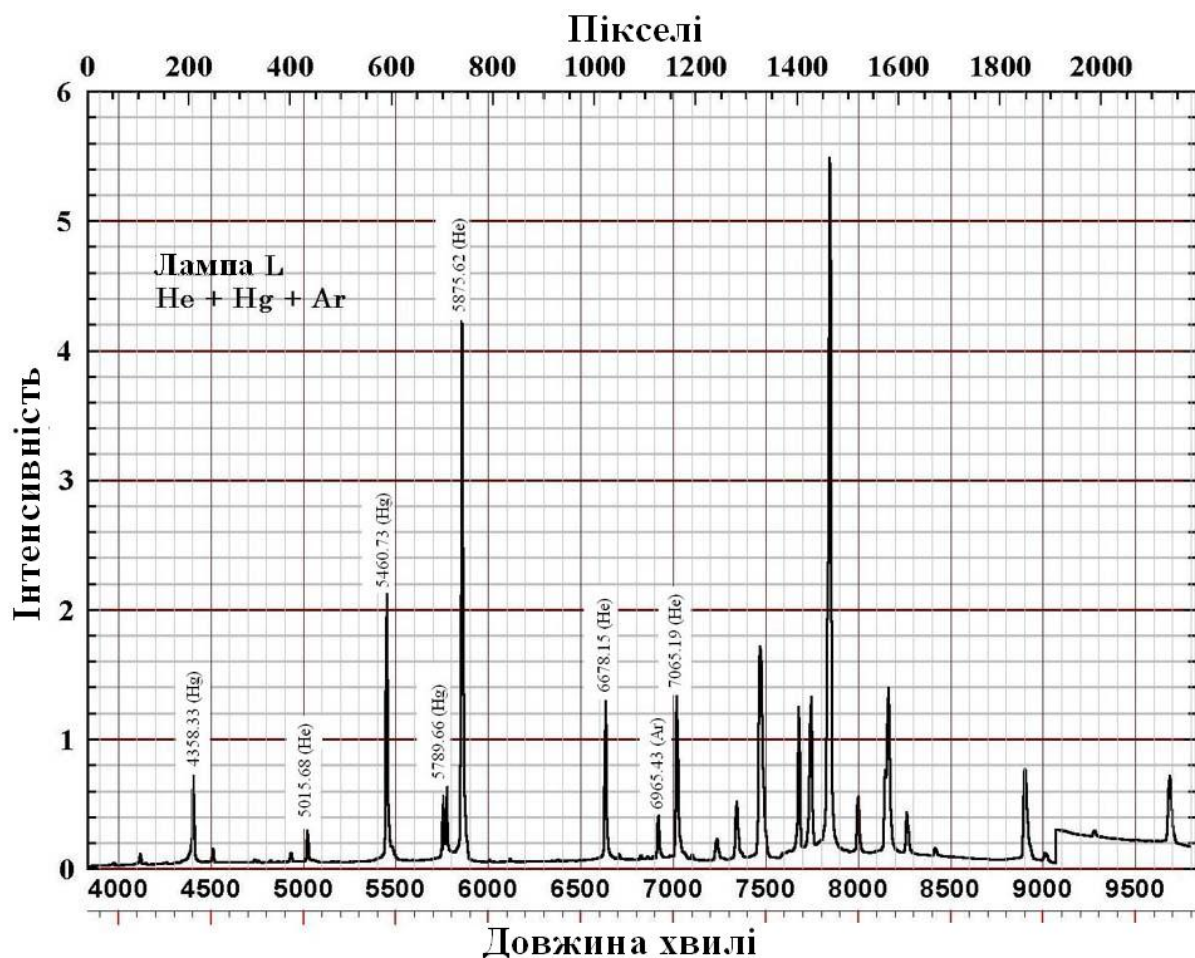


Рисунок 2 – Спектр гелієво-ртутної лампи на ділянці спектра 0.4 – 1 мкм

Конструктивно лампа представляє собою модифіковану трубку Гейслера. Для підвищення спектральної яскравості розряд йде вздовж оптичної осі.

Для отримання 100% поляризації на вихідне вікно газорозрядної лампи ми поставили поляроїд.

*Реєструючий пристрій (РП).* В залежності від поставленої задачі і типу вибраного приладу у якості реєструючого пристрою до уніфікованого оптико-механічного блоку можуть використовуватися точкові (фотоелектронні помножувачі, фотодіоди і т.п.) і панорамні (ПЗЗ матриці, лінійки тощо) приймачі світла. Для нашого спектрополяриметра буде використана ПЗЗ матриця з розміром 512x512 пікселів.

### **Апаратне узгодження уніфікованого оптико-механічного блоку**

Об'єднавши вище перераховані вузли у єдиному блоці, можна отримати уніфікований оптико-механічний блок (рис. 3). Додавши до нього необхідну дисперсійну чи поляризаційну частину та відповідний приймач світла, - ми будемо мати астрономічний прилад необхідного призначення: фотометр, фотополариметр, спекрометр чи спектрополяриметр.

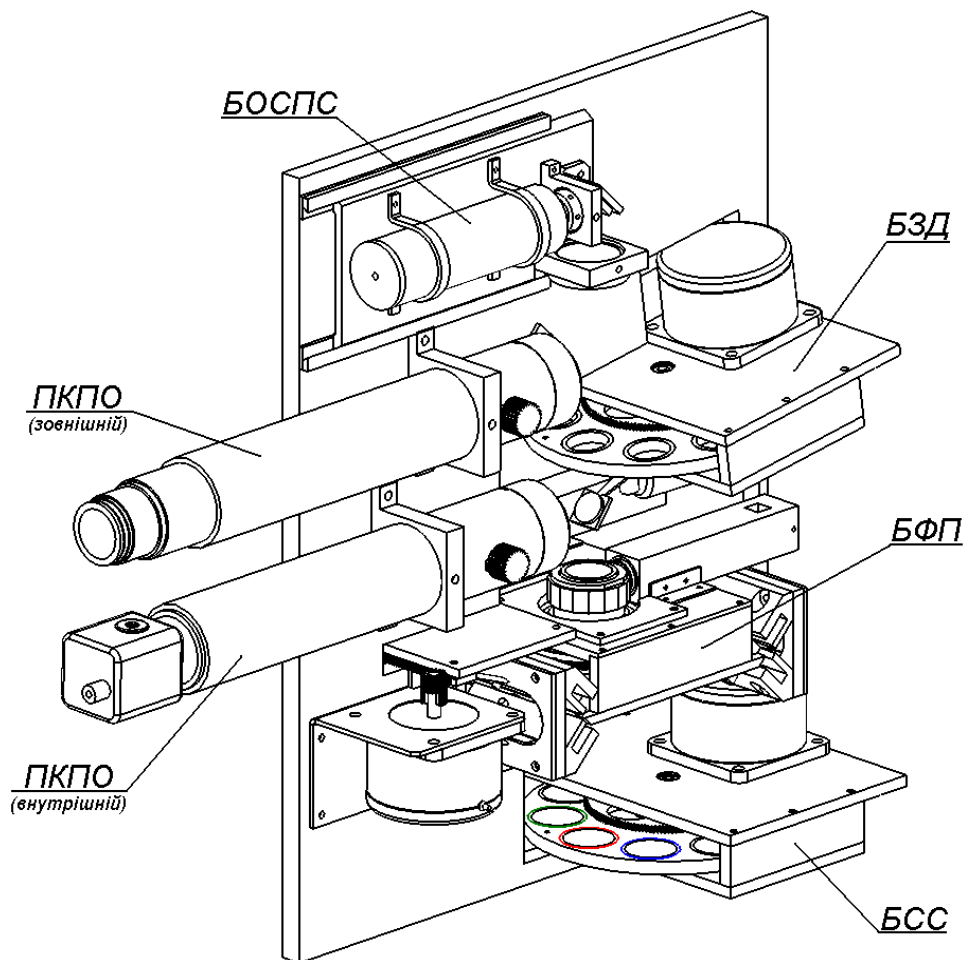


Рисунок 3 – Конструкція уніфікованого оптико-механічного блоку

## **Висновки**

Створений уніфікований оптико-механічний блок може бути спільним блоком для декількох різних за функціональною ознакою приладів і дозволяє, в залежності від конкретно поставленої задачі, досить швидко змінювати конфігурацію астрономічного приладу, доповнюючи його поляризуючою чи спектральною частинами, або й обома відразу. Отже цей блок дозволяє зменшити інструментальні похибки приладу, або зменшити їх відмінності при порівнянні спостережних даних, отриманих від одного об'єкту на різних за функціональною ознакою приладах.

наразі по розроблених кресленнях розпочато виготовлення такого блоку. Він буде опробований у комбінації із складною дисперсійною призмою, яка одночасно слугуватиме ще й поляризаційним елементом. У комплексі це буде астрономічний низькодисперсний спектрометр поляриметр НСП-1 на спектральну область 370-930 нм, що є предметом подальших наукових досліджень. З його допомогою планується проводити спостереження планет Сонячної системи, їх супутників, астероїдів, комет та зірок.

## **Література.**

1. Відьмаченко А.П., Неводовський П.В., Бардаш О.М. Астрономічний спектрополяриметр для дистанційного вивчення оптичних та фізичних параметрів тіл Сонячної системи // Вісті НТУУ «КПІ». – 2003. – № 25. – С. 12-18.
2. Відьмаченко А.П., Делець О.С., Неводовський П.В., Андрук В.М. Цифровий панорамний поляриметр для дистанційного дослідження оптичних та фізичних параметрів небесних об'єктів // Вісті НТУУ «КПІ». – 2003. – № 26. – С. 12-18.
3. Мороженко О.В. Методи і результати дистанційного зондування планетних атмосфер. - Київ: Наукова думка, 2004. – 646 с.
4. Відьмаченко А.П., Неводовський Є.П., Неводовський П.В., Модулятори света для астрономических поляриметров // Вісник Астрономічної Школи - 2005. – №1-2. – Т. 5. – С 236-241
5. Кучеров В. А. Многокомпонентные симметрические фазовые пластинки. // Фотометрические и поляриметрические исследования небесных тел. – К: Наукова думка, 1985. – С. 152-160.

Видьмаченко А.П., Неводовский Е.П., Иванов Ю.С. **Унифицированный оптико-механический блок для наземных астрономических приборов.**

В статье описан унифицированный оптико-механический блок для наземных астрономических приборов. Рассмотрены основные блоки модуля, их применение и конструктивная реализация.

A.P. Vidmachenko, E.P. Nevodovskiy, J.S. Ivanov. **The unified optics-mechanical block for surface astronomical devices.**

In the article, the unified optics-mechanical block for surface astronomical devices is described. Mainframes of the module, their application and constructive realization are considered.

*Надійшла до редакції  
12 червня 2006 року*