

УДК 520.35

Избранные работы по технике спектроскопии звезд

В.Е. Панчук

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167, Зеленчукский р-н, Карачаево-Черкесская Республика, Россия
panchuk@yandex.ru

Поступила в редакцию 28 сентября 2023 г.

Аннотация. Представлены работы, выполнявшиеся по инициативе и с участием Лаборатории астроспектроскопии (ЛА) САО в течение последнего десятилетия. С учетом изменившейся ситуации обсуждаются статус работ, их современное состояние и перспективы.

Ключевые слова: дифракционные спектрографы, интерферометрия, скрещенная дисперсия

Разработка и ввод в эксплуатацию любого спектроскопического метода в САО занимает многие годы, поэтому начнем с программы развития методов, включенных в перечень “услуг”, предлагаемых пользователям БТА. Здесь к спектрографам высокого разрешения можно отнести два прибора с большим диаметром (далее – D) коллимированного пучка – Основной звездный спектрограф (ОЗСП, D = 258 мм, [Panchuk et al., 2014](#)) и Несмитовский эшелле-спектрограф (НЭС, D = 235 мм, [Panchuk et al., 2017](#)). Программа развития НЭС обсуждалась и постепенно выполняется. За счет реконструкции практически всех элементов ядра спектрографа (узел мозаичной эшелле, узел коллиматора, узел решеток скрещенной дисперсии, узлы предцелевой части), предполагается в разы увеличить его потенциальное качество и обеспечить дистанционный режим подготовки к наблюдениям и наблюдений.

Продолжение программы развития ОЗСП, ключевыми моментами которой являлись перевод прибора на комплект дифракционных решеток формата 360×320 мм² и оснащение камеры F/2.3 крупноформатной матрицей ПЗС, в последнее десятилетие не обсуждалось. Основную ценность спектрографов НЭС и ОЗСП составляет возможность работы в широком диапазоне длин волн, включая наземный ультрафиолет, что в случае ОЗСП систематически не используется. Учитывая, что в последние десятилетия в отечественной оптико-механической промышленности не удалось создать ни одной астрономической линзовой спектральной камеры с апертурой 100 мм и более, приходится опираться на потенциал катадиоптрической оптики, разработанной и построенной еще в 70–80-е годы. В ЛА были разработаны предложения по развитию возможностей ОЗСП как в задачах быстрой спектроскопии и спектрополяриметрии, с использованием камеры F/1.2 и современных твердотельных приемников, так и по расширению функционала камеры F/2.3, оптимизированной сегодня только под один класс задач.

Вторая группа методических работ появилась в результате научно-организационных мероприятий по проекту оптоволоконного эшелле-спектрографа с величиной спектрального разрешения $R = 10^5$ (включенного в план секции № 10 “Оптические телескопы и методы” НСА РАН в 2001 г.). На период 2005–2012 гг. этот проект был поручен сотрудникам ЛА. В разработанном аванпроекте (рис. 1 в [Панчук и др., 2007](#)) предлагалось создание двух эшелле-спектрографов: одного ($R = 20000$) в первичном фокусе, для спектроскопии и спектрополяриметрии; и основного ($R = 100000$), с передачей света по оптоволокну. Такое решение (см. также [Балега и Панчук, 2010](#)) было разработано на основе многолетнего опыта ЛА по разработке и эксплуатации стационарной и навесной спектральной аппаратуры БТА. В результате остановки в 2012 г. работ ЛА по проекту созданные методические заделы превратились в две независимые работы второстепенного характера – эшелле-спектрограф

ESPrIF ($D = 75$ мм, [Panchuk et al., 2020a](#)) и оптоволоконный спектрограф для телескопа метрового класса ($D = 100$ мм, [Наливкин, 2022](#)).

Во второй декаде столетия выполнялись также следующие методические работы (цитируются основные публикации):

- 1) численное моделирование бортовых и наземных спектрографов, включая питающую оптику ([Yushkin et al., 2016](#));
- 2) сверхвысокое спектральное разрешение (интерферометр Фабри–Перо с открытым входом) ([Kulagin, Panchuk, 2017](#));
- 3) бесцелевой эшелле-спектрофотометр, параллельный трубе БТА ([Panchuk et al., 2022](#));
- 4) телескоп и атмосфера (анализ и компенсация квазистационарных и низкочастотных аберраций) ([Klochkova et al., 2020](#); [Тамаров и др., 2022](#));
- 5) широкополосный спектрограф фокуса Несмита телескопа КСТ-3 (см. рис. 2 в [Panchuk et al., 2019](#));
- 6) интерферометр с внешней постдисперсией ([Panchuk et al., 2021](#)).

Оценим перспективы некоторых направлений звездной спектроскопии. Приходится признать, что надежды на использование линзовой оптики в качестве объективов отечественных астрономических спектрографов пока не оправдались. Замена на коммерческие объективы меньшей апертуры приводит к снижению светосилы по потоку в некоторых схемах (см., в частности, замечания в [Galazutdinov, 2022](#)). Применение “подходящей” коммерческой оптики приводит к увеличению вариаций аппаратной функции спектрографа вдоль порядка и снижает точность доплеровских измерений классическим кросс-корреляционным методом. Поэтому нам следует обратить внимание на потенциал двухлучевых интерферометров, где в схеме с внешней постдисперсией ([Panchuk et al., 2021](#)) у спектрографа среднего разрешения диаметр коллимированного пучка может быть в разы меньше. Это обстоятельство открывает возможность применения относительно недорогих (за счет небольшого формата) голографических решеток с объемным фазированием, снижающих потери света в доплеровских задачах.

В обзоре [Panchuk et al. \(2020b\)](#) отмечено, что постановка спектроскопического исследования звезд с экзопланетами на многопрограммном телескопе не оправдывает затраты на создание согласованного спектрографа с большим диаметром коллимированного пучка (где стоимость спектрографа пропорциональна третьей степени D). Дорогостоящий спектрограф быстрее оправдывает себя при непрерывном использовании на специализированном спектроскопическом телескопе, стоимость которого определяется расходами на обеспечение небольшого размера поля зрения. Такие работы в САО начаты.

Внедрение твердотельных приемников с возможностью быстрого считывания сигнала позволяет возвратиться к спектроскопии короткопериодических явлений, где в эпоху применения телевизионных счетчиков фотонов на БТА были получены интересные результаты (см., например, [Somov et al., 1998](#)). На этот случай у сотрудников ЛА имеются предложения по реконструкции камеры $F/1.2$ ОЗСП для задач динамической спектроскопии и спектрополяриметрии.

Благодарности. Финансовая поддержка осуществлялась по гранту № 075-15-2022-262 “Многоволновое исследование нестационарных процессов во Вселенной” (13.МНПМУ.21.0003).

Литература

- Балега Ю.Ю., Панчук В.Е., 2010. Тезисы Всероссийской астрономической конференции ВАК-2010 “От эпохи Галилея до наших дней”. Геленджик: КАДО. С. 166–177. [Balega Yu.Yu., Panchuk V.E., 2010. Proceedings of the All-Russian astronomical conference (VAK-2010) “From the era of Galileo to the present day”, Gelendzhik: KADO, pp. 166–177. (In Russ.)]
- Наливкин М.Н., 2022. Тезисы Всероссийской астрономической конференции “Исследования звезд с экзопланетами – 2022”. С. 343–356. [Nalivkin M.N., 2022. Proceedings of the All-Russian astronomical conference “Studies of stars with exoplanets – 2022”, pp. 343–356. (In Russ.)]
- Панчук В., Клочкова В., Юшкин М., 2007. Методы спектроскопии в современной астрофизике. / Ред. Машонкина Л.И., Сачков М.Е. Москва: Янус-К. С. 166–177. [Panchuk V.E., Klochkova V.G., Yushkin M.V., 2007. In Mashonkina L.I., Sachkov M.E. (Eds.), Spectroscopic methods in modern astrophysics, Moscow: Yanus-K, pp. 166–177. (In Russ.)]

- Тамаров В.А., Таволжанская А.С., Панчук В.Е., 2022. XI Всероссийская научная конференция “Системный синтез и прикладная синергетика”. Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во Южного федерального ун-та. С. 279–281. [Tamarov V.A., Tavolzhanskaya A.S., Panchuk V.E., 2022. XI All-Russian scientific conference “System synthesis and applied synergetics”, Rostov-on Don, Taganrog: Southern Federal University Publishing House, pp. 279–281. (In Russ.)]
- Galazutdinov G.A., 2022. *Astrophys. Bull.*, vol. 77, iss. 4, pp. 519–529.
- Klochkova V.G., Sheldakova Yu.V., Vlasyuk V.V., Kudryashov A.V., 2020. *Astrophys. Bull.*, vol. 75, iss. 4, pp. 468–481.
- Kulagin E.S., Panchuk V.E., 2017. *Astron. Soc. Pacific Conf. Ser.*, vol. 510, p. 556.
- Panchuk V.E., Chuntunov G.A., Naidenov I.D., 2014. *Astrophys. Bull.*, vol. 69, iss. 3, pp. 339–355.
- Panchuk V.E., Klochkova V.G., Yushkin M.V., 2017. *Astron. Rep.*, vol. 61, iss. 9, pp. 820–831.
- Panchuk V.E., Klochkova V.G., Yushkin M.V., et al., 2019. *INASAN Science Reports*, vol. 4, pp. 132–139.
- Panchuk V.E., Klochkova V.G., Yushkin M.V., 2020a. *INASAN Science Reports*, vol. 5, iss. 6, pp. 361–367.
- Panchuk V.E., Balega Yu.Yu., Klochkova V.G., Sachkov M.E., 2020b. *Physics – Uspekhi*, vol. 63, iss. 6, pp. 562–582.
- Panchuk V.E., Afanasiev V.L., Yushkin M.V., Zhuklevich G.S., Larionov S.V., 2021. *INASAN Science Reports*, vol. 6, iss. 4, pp. 129–135.
- Panchuk V.E., Klochkova V.G., Yushkin M.V., 2022. *INASAN Science Reports*, vol. 7, iss. 3, pp. 212–218.
- Somov N.N., Somova T.A., Najdenov I.D., 1998. *Astron Astrophys.*, vol. 335, pp. 583–586.
- Yushkin M.V., Fatkhullin T.A., Panchuk V.E., 2016. *Astrophys. Bull.*, vol. 71, iss. 3, pp. 343–356.

Selected works on the stellar spectroscopy technique

V.E. Panchuk

Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Nizhnij Arkhyz 369167, Zelenchukskiy region, Karachai-Cherkessian Republic, Russia
panchuk@yandex.ru

Abstract. The paper presents works carried out on the initiative and with the participation of the Laboratory of Astrospectroscopy of SAO during the past decade. Taking the changed situation into account, the status of the works, their current state and prospects are discussed.

Key words: diffraction spectrographs, interferometry, crossed dispersion