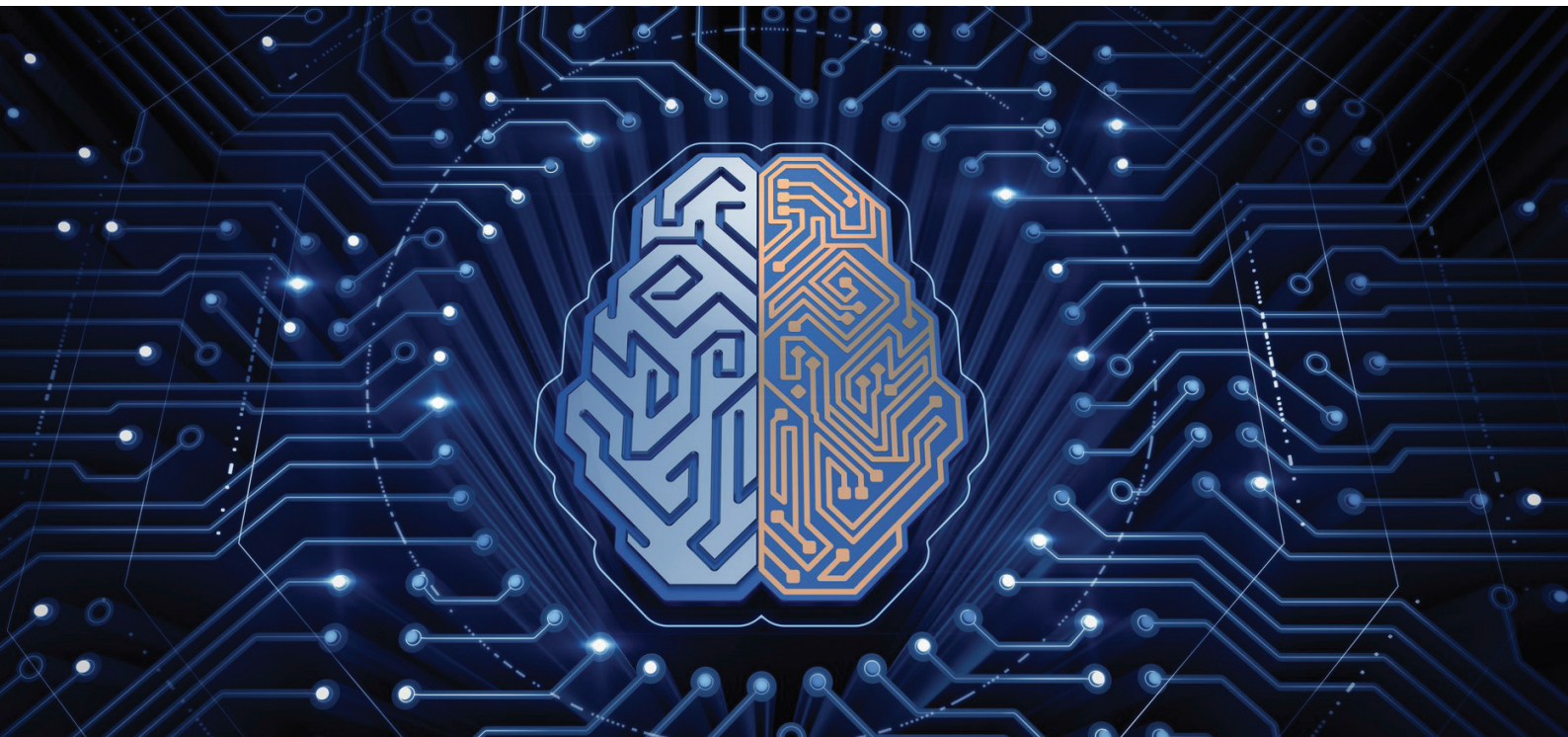


МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ



*В.В. Милорадов,
начальник отдела обеспечения единства измерений
геометрических величин ФБУ «УРАЛТЕСТ», г. Екатеринбург,
geo@uraltest.ru*

*Представлен опыт специалистов ФБУ «УРАЛТЕСТ»
в автоматизации метрологических работ на примере мо-
дернизации оптического автоколлиматора АКУ-0,2.*

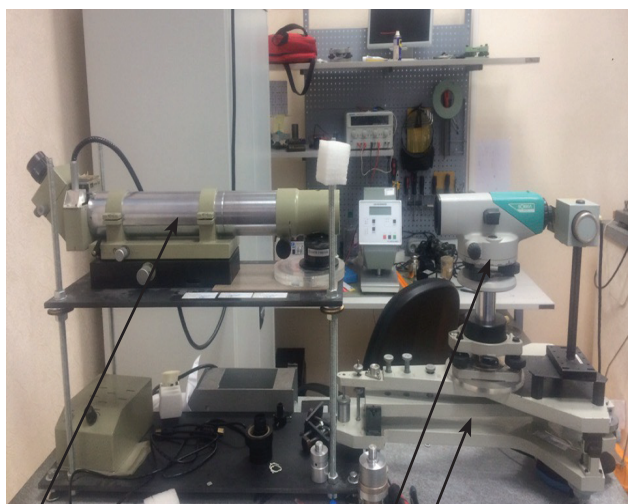
Четвертая промышленная революция, современниками которой мы являемся, по большому счету стала логическим следствием предыдущих трех технологических рывков человечества, когда были изобретены паровые двигатели, электричество и первые компьютеры. Сейчас, в период индустрии 4.0, на смену простейшим автоматизиро-

ванным системам управления (далее – АСУ) пришли комплексные решения, активно используются и внедряются облачные технологии, ведутся работы по совершенствованию искусственного интеллекта.

Всеобщая озадаченность руководителей организаций вопросами автоматизации тех или иных процессов имеет достаточно про-



Рис. 1. Модернизация автоколлиматора АКУ-0,2

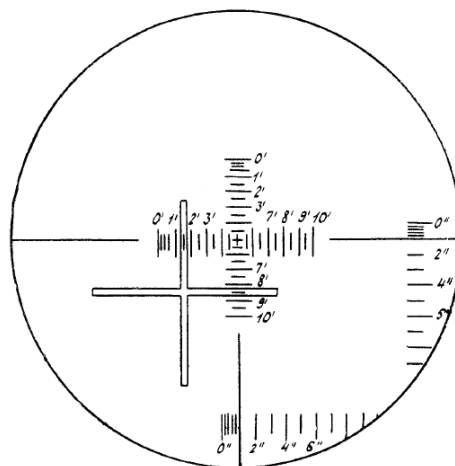


Автоколлиматор АКУ-0,2

Экзаменатор ЭГЕМ

Поверяемый нивелир

Рис. 2. Вид поля зрения автоколлиматора АКУ-0,2



стое объяснение. Использование АСУ обладает рядом существенных преимуществ, так как, в первую очередь, позволяет повысить качество и надежность продукции, а также увеличить производительность труда. Недостатки внедрения автоматизации связаны со стоимостью приобретения специализированных устройств и программ, и с увеличением издержек, необходимых для обслуживания высокотехнологического оборудования. Разумеется, это решаемые вопросы, и ими должны заниматься экономисты при расчете финансовой эффективности того или иного проекта.

Новые тенденции не обошли стороной и обеспечение единства измерений – в настоящее время существует много способов автоматизации метрологических работ, и на примере данной статьи хотелось бы поделиться тем видением, которое сложилось у специалистов ФБУ «УРАЛТЕСТ». Кроме того, этот опыт может быть полезен при определении потенциальных возможностей по передаче функций управления и контроля, ранее выполнявшихся человеком, приборам и устройствам.

Объектом исследования для сотрудников отдела по обеспечению единства изме-

рений геометрических средств измерений ЦСМ Росстандарта в Свердловской области послужила установка, используемая для проверки и калибровки геодезических СИ (теодолиты, тахеометры, нивелиры), а именно оптический автоколлиматор АКУ-0,2, входящий в состав эталонного компаратора для проверки нивелиров (далее – ЭКПН). Схема установки ЭКПН представлена на рис. 1.

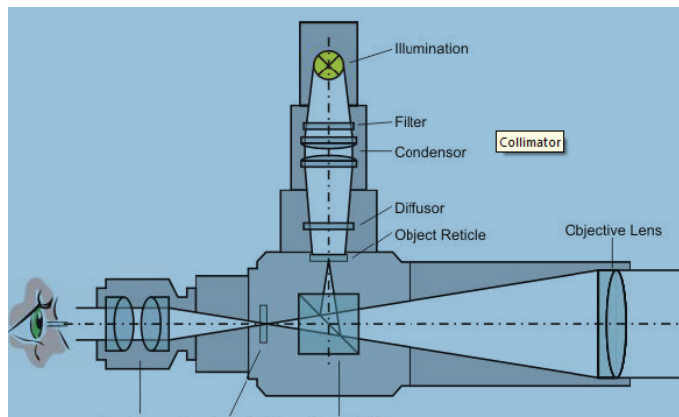
В настоящее время при работе с данным измерительным устройством оператор выполняет оптическое снятие отсчета по сетке нитей автоколлиматора, снабженной микрометром. Вид поля зрения автоколлиматора АКУ-0,2 представлен на рис. 2.

Основная идея модернизации автоколлиматора АКУ-0,2 заключалась в переходе от оптических методов снятия отчета к цифровым за счет установки ПЗС-камеры вместо сетки нитей.

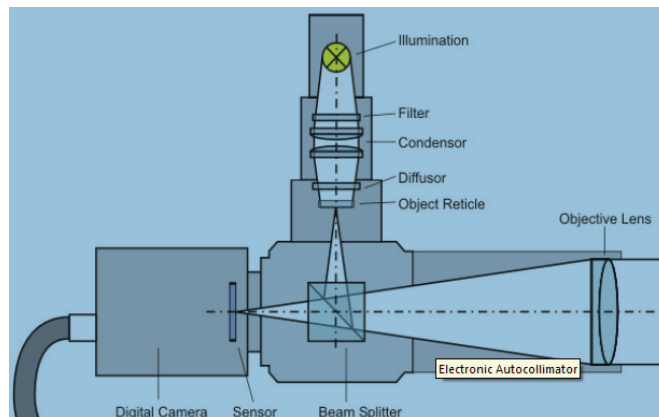
ПЗС-матрица (или ССD-камера) – специализированная аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных фотодиодов, выполненная на основе кремния, использующая технологию ПЗС-приборов с зарядовой связью.

Принципиальная схема модернизации автоколлиматора представлена на рис. 3.

Рис. 3. Принципиальная схема модернизации автоколлиматора



Устройство оптического автоколлиматора



Устройство цифрового автоколлиматора

Основные цели модернизации:

- повышение точности работ;
- увеличение производительности труда.

Для исполнения замысла требовалась установка на автоколлиматор ПЗС-камеры и разработка программного обеспечения для работы с ней.

В рамках решения первого пункта была выбрана камера с достаточно скромными характеристиками в силу небольшого опыта работы и отсутствия достаточного количества литературы по данному вопросу. Поэтому было принято решение написать основной алгоритм программы и провести опробование работы на приборе со средними ТТХ, чтобы выявить сильные и слабые стороны установки, внести необходимые изменения и сформулировать более четкие требования.

Характеристики ПЗС-камеры, используемой в данной работе:

1. Камера: SCMOS02000KPA, 2MP.
2. Разрешение: 1600x1200.
3. Размеры сенсора: 4,73 мм x 3,52 мм.
4. Размер пикселя: 2,8 мкм x 2,8 мкм.
5. Скорость съемки видео (при максимальном разрешении): 5 кадров в секунду.

Для работы с ПЗС-камерой было разработано собственное программное обеспечение (далее – ПО) на Java (JDK 10). Прерогатива выбора ПО для данной работы в большей степени была возложена на программиста, принимающего участие в данной работе, но уже сейчас, видя потенциал данного софта,

планируется использовать его удалено, а также на планшетах и смартфонах, и в этом случае программное обеспечение будет проще адаптировать к операционным системам iOS или Android.

Процесс работы программы можно разделить на 3 этапа:

1. Получение изображения с камеры и его передача на персональный компьютер для обработки.
2. Работа с изображением. На данном этапе программа выполняет операции по переводу изображения из цветного в бинарное, после чего устраняются шумы путем использования фильтров.
3. Определение координат перекрестия сетки нитей прибора или автоколлимационного креста. На этой стадии работы программа вычисляет координаты перекрестия с субпиксельной точностью, при этом в основе последовательности действий по обработке изображения лежит метод определения центра масс-фигуры. Такой подход был применен в связи с тем, что классический алгоритм работает при наличии оси симметрии. Но поскольку в данном случае это встречается очень редко, процесс был доработан, чтобы программа могла определять координаты перекрестия при любых условиях.

В первую очередь было проведено определение размера одного пикселя в угловых



Рис. 4. СКО – среднеквадратичное отклонение



секундах, и по результатам экспериментов значение составило 1,122", расчеты же показали 1,155" для размера пикселя 2,8 мкм. Различие в теоретическом и практическом подходе обусловлено тем, что размеры пикселя камеры, а также фокусное расстояние оптической системы, могут немного отличаться от параметров, приведенных в технических характеристиках, вследствие чего было принято решение использовать данные, полученные в ходе опытных исследований.

С целью анализа и первичной оценки модернизируемого автоколлиматора был проведен ряд из 450 измерений. Результаты представлены на *рис. 4*.

Анализ некоторых данных, полученных при работе с модернизируемым автоколлиматором, показал существенное повышение точности снятия отчета – среднеквадратическое отклонение составило порядка 0,03-0,05 угловых секунд, размах показаний не более 0,2 секунды. Для поставленных целей это удовлетворительные и ожидаемые результаты, но сейчас изучается характер и особенности некоторых нюансов. Так, на графике по оси Y резко меняется тренд (примерно на 270 измерении), вероятнее всего, причина кроется в вибрации, окончательный вывод будет сделан позже.

Относительно погрешности модернизируемого автоколлиматора можно сказать

следующее: в связи со сложившимися требованиями к используемой камере и методам обработки изображения, а также некоторыми конструктивными особенностями по технологии установки камеры, окончательные метрологические характеристики еще не определены.

В настоящий момент проведен теоретический расчет метрологических характеристик и бюджета неопределенности модернизируемого автоколлиматора на основе уравнения и специфики работы с данным прибором, в результате планируется получить значение расширенной неопределенности на уровне 0,08".

Подводя некоторые итоги, можно сказать, что метод проведения работ по автоматизации, описанный в статье, однозначно имеет право на существование. Применение ПЗС-камер позволяет существенно повысить качество поверки и сократить время работы с приборами. Модернизация автоколлиматора АКУ-0,2 с использованием ПЗС-камеры с более высокими техническими характеристиками и усовершенствованным алгоритмом обработки изображения продолжается, в связи с чем специалисты ФБУ «УРАЛТЕСТ» готовы услышать мнение профессионалов, работающих в сфере использования компьютерного зрения.