

ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

О. Я. СОЛЁНАЯ, А. В. РЫСИН, С. В. СОЛЁНЫЙ,
В. П. КУЗЬМЕНКО, Е. С. КВАС

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
190000, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: sss555sv@yandex.ru*

Рассмотрены характеристики и параметры, позволяющие оценить техническое состояние воздушных линий электропередачи. Представлены методы и средства определения характеристик линий электропередачи и получены зависимости сопротивления распределительных линий электропередачи от факторов окружающей среды. Исследуемыми параметрами являются: частота тока сети, сопротивление линии электропередачи, температура электрооборудования, климатические параметры, количество и частота перегрузок в сети. Приведены методика прогнозирования и оценки состояния линий электропередачи на основе параметров электрооборудования и степени его износа.

***Ключевые слова:** воздушные линии электропередач, импеданс линии, режимы работы линий электропередачи, техническое состояние линий электропередачи*

Введение. Оценка технического состояния электрооборудования является важнейшей составляющей процесса его эксплуатации. Одна из ее основных задач заключается в выявлении факта исправности или неисправности оборудования. Исправным принято считать оборудование, состояние которого соответствует всем установленным нормативными документами требованиям. По данным Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы более 40 % воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) эксплуатируются более 25 лет, что обуславливает необходимость реновации электрооборудования и модернизации ВЛЭП. При техническом обследовании электрооборудования информация о его состоянии зачастую не является достоверной [1]. По статистике Министерства энергетики РФ за 2018 г. произошло 10 889 аварий на ВЛЭП 110 кВ и выше, а за 2019 г. — 9606 аварий. Главные причины — схлестывания проводов в связи с их провисанием, неудовлетворительное техническое состояние изоляторов, грозозащитных тросов (ГЗТ), аппаратов релейной защиты и автоматики.

Все вышеуказанные причины подтверждают актуальность дополнительных исследований, которые позволят оценить техническое состояние электрооборудования, его надежность и безотказную работу элементов электросистемы, а также принимать решения о целесообразности реконструкции оборудования.

Основная цель настоящей статьи — анализ проблем технического оценивания состояния ВЛЭП и разработка на основе полученного анализа предложений по усовершенствованию методов и средств оценивания технического состояния ВЛЭП.

Методы оценивания технического состояния ВЛЭП. Техническое состояние ВЛЭП оценивается на основе математических моделей их прочности, надежности, показателя износа

оборудования от начала эксплуатации до момента проведения исследования, а также на основе анализа фактической остаточной прочности и данных о технологических нарушениях при эксплуатации линий электропередачи и их компонентов. Прогнозирование остаточного ресурса осуществляется на основе следующих методов:

- математическое моделирование опор ВЛЭП, проводов, ГЗТ и изоляторов;
- лабораторные испытания демонтированных ВЛЭП, ГЗТ, опор и изоляторов;
- статистическая оценка потоков отказов отдельных компонентов.

Воздушные линии электропередачи подвергаются климатическим нагрузкам, особенно в регионах, характеризующихся большим диапазоном изменения температур и частыми грозовыми разрядами. Основное старение электрооборудования происходит из-за коррозии металлических элементов, которая дополнительно усиливается в результате динамических воздействий тока и климатических нагрузок.

В целом задачей обследований ВЛЭП является определение количественных показателей о темпах потери механической прочности компонентов воздушных линий электропередач. Методы обследования компонентов ВЛЭП, длительно находящихся в эксплуатации, зависят от технических средств, используемых для анализа их технического состояния. В частности, при проведении полевых обследований используются средства приборного обеспечения, такие как тепловизоры, толщиномеры, высотомеры, специальные средства для измерения остаточной прочности основания опор [2]. Для диагностики текущего технического состояния проводов и ГЗТ применяется как визуальный контроль, так и инструментальные методы. Для оценки надежности линий электропередачи в зависимости от срока их службы используются сведения о потоке отказов (число отказов на 100 км линии в год).

Последствия фрикционного износа, коррозии и повреждения внутренних проволок ГЗТ или стального сердечника сталеалюминиевых проводов не могут быть обнаружены при наружном осмотре. В то же время такие дефекты приводят к потере сечения ГЗТ или сердечника провода, что является важной характеристикой, определяющей их остаточную прочность. Потеря сечения и наличие локальных дефектов используются в нормативных документах как один из базовых критериев отбраковки наряду с количеством обрывов проводов в местах контактного соединения.

Контроль и классификация технического состояния проводов. Контроль технического состояния элементов сети производится без опускания провода и троса на землю, однако для обеспечения безопасности рабочего персонала при монтаже и демонтаже оборудования необходимо отключить электроснабжение сети.

Классификация технического состояния проводов и ГЗТ производится в соответствии с нормативными документами.

При нормальном рабочем состоянии потеря сечения не должна превышать 11 %. При этом оборудование можно эксплуатировать и при показателе потери сечения от 3,6 %, однако в этом случае необходима дополнительная диагностика.

Допустимое количество локальных дефектов типа обрывов проволок сердечника, провода или проволок ГЗТ зависит от их конструкции, но количество оборванных проволок в одном сечении провода в любом случае не должно превышать 20 %.

Магнитоскопические методы обследования ВЛЭП. В практике российских и зарубежных электросетевых компаний для диагностики технического состояния ГЗТ, тросовых оттяжек опор воздушных линий электропередачи и биметаллических проводов все чаще применяется магнитная дефектоскопия. Принцип работы магнитоскопа основан на физических свойствах ферромагнетиков. Независимо от реализуемого метода и конструкции большинство магнитных дефектоскопов имеют два канала регистрации дефектов — канал потери сечения и канал локальных дефектов. С помощью постоянных магнитов или электромагнитов создается продольное или циркулярное магнитное поле. Анализ формы магнитных полей позволяет получить картину объекта, на которой видны все дефекты проводника.

Этот метод является крайне трудозатратным, так как необходимо производить отключение ВЛЭП от рабочей сети, вручную устанавливать дефектоскоп на каждый пролет между опорами, на каждый провод и ГЗТ.

Кроме того, метод магнитоскопии характеризуется погрешностью, связанной с химическим составом исследуемого объекта и его оксидной пленкой.

Для более точного определения параметров ВЛЭП необходимо подключать средства технического зрения, искусственный интеллект и производить анализ полученных данных с помощью систем Big Data.

Феррорезонанс. При определении технического состояния ВЛЭП следует учитывать также другие физические, электромагнитные, природные и химические воздействия, влияющие на проводник и изоляторы. Одно из таких явлений — феррорезонанс.

Феррорезонанс — это резкое возрастание тока или напряжения в электрических цепях, в состав которых входят емкостные и индуктивные элементы, приводящие к перегреву оборудования и его преждевременному старению или разрушению. Такое явление возникает при наличии колебательного контура с последовательным соединением индуктивных и емкостных нагрузок. Наличие феррорезонанса говорит о неисправном состоянии электроэнергетической системы и несимметричной высокоамплитудной форме волны в ней.

В настоящее время детальное исследование феррорезонанса и определение его характеристик осуществляются с помощью спектрального анализа Гильберта и мгновенного частотного анализа.

Преобразование Гилберта позволяет разложить исходный процесс на две составляющие — амплитудную и фазовую, сдвигает каждый компонент ряда Фурье на 90° без изменения его амплитуды.

Если номинальное значение частоты тока в сети составляет 50 Гц, то при возникновении феррорезонанса мгновенное значение частоты может возрастать до 150 Гц [3]. С течением времени происходит увеличение частоты. Вслед за ее изменением увеличивается амплитуда мощности. Такая „раскачка“ частоты приводит к авариям на электрооборудовании. Для снижения влияния феррорезонанса подключаются элементы, сопротивление которых позволяет нивелировать данный эффект.

Параметры, которые отслеживаются для предупреждения феррорезонанса, — это мгновенные значения частоты тока сети.

Методика роботизированного обследования технического состояния ВЛЭП. Для безопасного обследования линий электропередачи возможно применение робототехнических комплексов, оснащенных видеокамерами различного типа (например, инфракрасными или ультрафиолетовыми, для спектрального анализа), а также системами очистки проводов и системами мониторинга технического состояния [4, 5]. Применение такого рода средств позволяет отслеживать состояние линий электропередачи без их отключений, что повышает надежность системы электроснабжения и качество электроэнергии в целом.

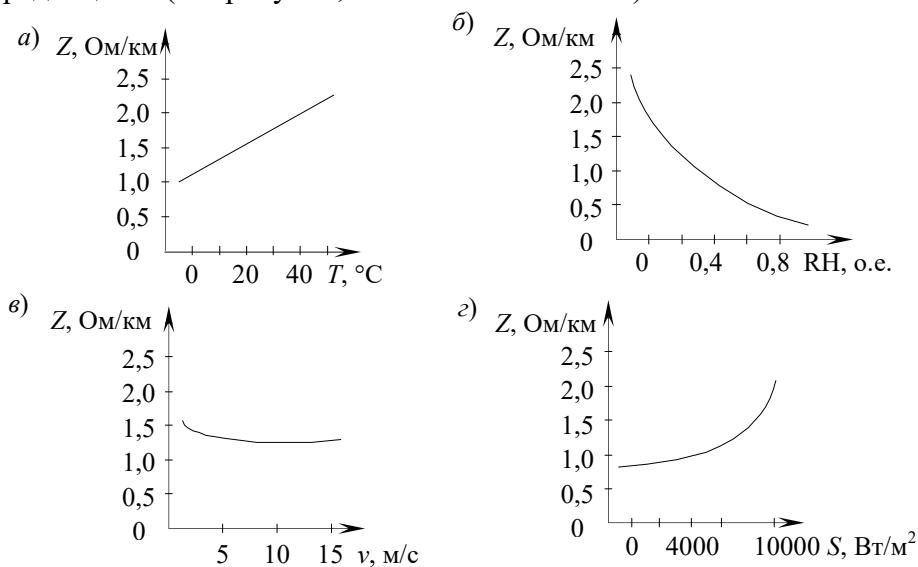
В случае выбора данных методов следует прибегнуть к синтезу киберфизических систем, которые в первую очередь должны быть направлены на регулирование объемов генерации и потребления электроэнергии, а также должны отслеживать параметры, по которым оценивается техническое состояние электрооборудования [6].

Также следует учитывать разницу подходов к измерению температуры ВЛЭП. При первом подходе необходима только информация о погодных условиях вблизи линии электропередачи и о силе тока, протекающего в проводе. Этот метод стандартизирован, и в дополнение к нему были реализованы алгоритмы для оценки температуры провода и связанного с ней максимально допустимого тока [7]. Эти алгоритмы просты в использовании, но характеризуются неопределенностью из-за погрешности датчиков измерительных погодных станций или изменения основных погодных параметров, таких, например, как скорость ветра вдоль линии.

Второй подход заключается в прямом или косвенном измерении температуры провода в реальном времени [8]. Косвенными методами измеряются такие параметры, как угол, провес и натяжение провода, однако при использовании этих методов требуются дополнительные измерительные устройства, прикрепленные к проводу, которые вносят дополнительную погрешность в определение температуры. Прямые методы используют электронные устройства, прикрепленные к проводу для измерения его температуры и передачи данных через глобальную систему GSM и GPS. Основные недостатки этих подходов — электромагнитные помехи и сложность технического обслуживания.

Изменяющиеся во времени внешние условия окружающей среды также имеют выраженное влияние на изменение параметров ВЛЭП. Как показывают исследования, активное сопротивление линии электропередачи имеет более высокое значение летом, чем зимой, не только из-за повышенной температуры, но и изменяющейся влажности воздуха. Вся конструкция или отдельно провод могут поглощать влагу из атмосферы, в результате чего внутреннее сопротивление провода может меняться [9].

Помимо температуры и влажности воздуха, другие факторы, такие как скорость ветра и солнечная радиация, могут вызывать колебание импедансов распределительных линий (под импедансом понимается полное сопротивление ВЛЭП). По результатам исследований, проведенных на сконструированном опытном макете* ВЛЭП с натянутым изолированным проводом, были составлены графики зависимости импеданса (Z) распределительных линий электропередачи от факторов окружающей среды: температуры T , влажности RH, скорости ветра v и солнечной радиации S (см. рисунок, а—г соответственно).



Очевидно, что все зависимости, кроме температурной, могут вносить существенную неопределенность в оценку технического состояния и параметров ВЛЭП в реальном времени, поэтому важно учитывать данные показатели.

Заключение. Контроль качества эксплуатации, учет параметров и техническая оценка состояния ВЛЭП — существенные составляющие обеспечения безопасности электрооборудования. Актуальность своевременного учета параметров и характеристик электрических сетей, выявления аварийно-опасных участков для их обслуживания и качественного ремонта не подлежит сомнению; это также актуально и для городских сетей освещения, особенно с сетями интеллектуального управления и светодиодными осветительными приборами [10]. Предлагаемая теоретическая методика, предусматривающая применение робототехнических средств со-

* Макет сконструирован в лаборатории электротехники Инженерной школы Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения.

вместно с синтезом киберфизических систем, внедрением систем технического зрения и искусственного интеллекта, а также анализом Big Data, позволит организовать сбор эксплуатационных данных, необходимых для оценки технического состояния ВЛЭП и ее элементов: грозозащитных тросов, изоляторов и опор. Помимо этого, применение роботизированных средств позволит снизить количество аварий, вызванных человеческим фактором, а изучение полученных зависимостей сопротивления распределительных линий электропередачи от факторов окружающей среды позволит в будущем расширить базу программно-аппаратных средств оценки технического состояния ВЛЭП, а также синхронизировать информацию о необходимости их преобразования и модернизации для предотвращения аварий, вызываемых перегрузками.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-01056 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания по оценке технического состояния ВЛ и остаточного ресурса компонентов ВЛ: Стандарт организации. Дата введения 30.12.2011. М.: ОАО „ФСК ЕЭС“, 2011. 85 с [Электронный ресурс]: <https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/sto_56947007-29.240.55.111-2011.pdf>
2. Волоховский В. Ю., Воронцов А. Н., Сухоруков В. В. и др. Оценка технического состояния воздушных линий электропередач методами магнитной дефектоскопии // Высоковольтные линии электропередач. 2016. № 1(24). С. 42—51.
3. Оппенгейм А., Шаффер Р. Цифровая обработка сигналов. М.: Техносфера, 2012. 1048 с.
4. Bockarjova M., Andersson G. Transmission line conductor temperature impact on state estimation accuracy // IEEE Lausanne Power Tech. 2007. P. 701—706.
5. Solyonyj S. V., Shishlakov V. F., Solenaya O. Ya. et al. Robotic power line maintenance systems // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. N 734.
6. Solyonyj S. V., Solenaya O. Ya., Kuzmenko V. P. et al. Robot for inspection and maintenance of overhead power lines // Proc. of the 15th Intern. Conf. on Electromechanics and Robotics „Zavalishin's Readings“. 2020. Vol. 187. P. 487—497.
7. IEEE standard for calculating the current-temperature of bare overhead conductors (revision of IEEE Std 738–1993) IEEE Std 738-2012 Draft 10 (Revision of IEEE Std 738-2006). 2012. P. 1—67.
8. Non-contact temperature measurement method for dynamic rating of overhead power lines / R. Lecuna, P. Castro, M. Manana, A. Laso, R. Domingo, A. Arroyo, R. Martinez // Electric Power Systems Research. 2020. N 185.
9. Optimization of virtual power plant topology with distributed generation sources / E. N. Sosnina, A. V. Shalukho, I. A. Lipuzhin, A. Y. Kechkin, A. A. Voroshilov // Proc. of the Conf. on the Industrial and Commercial Use of Energy, ICUE 2019. 2019. P. 012200.
10. Кузьменко В. П., Соленая О. Я., Соленый С. В., Шишлаков В. Ф. Измерение качества электроэнергии в системе электроснабжения со светодиодными осветительными устройствами // Науч. вестн. НГТУ. 2019. Т. 74, № 1. С. 197—212.

Сведения об авторах

- Оксана Ярославовна Солёная** — канд. техн. наук, доцент; СПб ГУАП, кафедра электромеханики и робототехники; E-mail: osolenaya@guap.ru
- Александр Владимирович Рысин** — аспирант; СПб ГУАП, кафедра электромеханики и робототехники; E-mail: Galewon@yandex.ru
- Сергей Валентинович Солёный** — канд. техн. наук, доцент; СПб ГУАП, кафедра электромеханики и робототехники; E-mail: sss555ssv@yandex.ru
- Владимир Павлович Кузьменко** — аспирант; СПб ГУАП, кафедра электромеханики и робототехники; E-mail: mr.konnny@gmail.com
- Евгений Станиславович Квас** — аспирант; СПб ГУАП, кафедра электромеханики и робототехники; E-mail: e.kvas@guap.ru

Поступила в редакцию
29.09. 2020 г.

Ссылка для цитирования: Солёная О. Я., Рысин А. В., Солёный С. В., Кузьменко В. П., Квас Е. С. Характеристики и параметры технического состояния воздушных линий электропередачи // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 7. С. 583—588.

CHARACTERISTICS AND PARAMETERS OF THE TECHNICAL CONDITION OF OVERHEAD POWER LINES

O. Ya. Solenaya, A. V. Rysin, S. V. Solyony, V. P. Kuzmenko, E. S. Kvas

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,
190000, St. Petersburg, Russia
E-mail: ssv@guap.ru

Characteristics and parameters that make it possible to assess the technical condition of overhead power transmission lines are considered. Methods and means of determining the characteristics of power transmission lines are presented and dependences of the resistance of distribution power transmission lines on environmental factors are derived. The investigated parameters include the frequency of the network current, the resistance of the power line, the temperature of the electrical equipment, climatic parameters, the number and frequency of overloads in the network. A method of forecasting and assessing the state of power transmission lines based on the parameters of electrical equipment and the degree of its wear is proposed.

Keywords: overhead power lines, line impedance, power line operating modes, technical condition of power lines

REFERENCES

1. *Metodicheskiye ukazaniya po otsenke tekhnicheskogo sostoyaniya VL i ostatochnogo resursa komponentov VL/Standart organizatsii. 30.12.2011* (Guidelines for assessing the technical condition of overhead lines and the residual life of overhead line components /Organization standard. 12/30/2011), 2011, 85 p. (in Russ.)
2. Volokhovskiy V. Yu., Vorontsov A. N., Sukhorukov V. V. et al. *Vysokovol'tnyye linii elektroperedach*, 2016, no. 1(24), pp. 42–51. (in Russ.)
3. Oppenheim A.V., Schaffer R.W. *Discrete Time Signal Processing Solution Manual*, 1996, 474 p.
4. Bockarjova M., Andersson G. *IEEE Lausanne Power Tech.*, Lausanne, 2007, pp. 701–706.
5. Solyonyj S.V., Shishlakov V.F., Solenaya O.Ya. et al. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2020, no. 734, pp. 012200.
6. Solyonyj S.V., Solenaya O.Ya., Kuzmenko V.P. et al. *15th Intern. Conf. on Electromechanics and Robotics "Zavalishin's Readings"*, vol. 187, pp. 487–497.
7. *IEEE standard for calculating the current-temperature of bare overhead conductors* (revision of IEEE std 738–1993) IEEE Std 738-2012 Draft 10 (Revision of IEEE Std 738-2006) (2012), pp. 1–67.
8. Lecuna R., Castro P., Manana M., Laso A., Domingo R., Arroyo A., Martinez R. *Electric Power Systems Research*, 2020, no. 185.
9. Sosnina E.N., Shalukho A.V., Lipuzhin I.A., Kechkin A.Y., Voroshilov A.A. *Proc. of the Conf. on the industrial and commercial use of energy, ICUE-2019*, 2019, pp. 012200.
10. Kuz'menko V.P., Solenaya O. Ya., Solenny S.V., Shishlakov V.F. *Science Bulletin of the Novosibirsk State Technical University*, 2019, no. 1(74), pp. 197–212. (in Russ.)

Data on authors

- Oksana Ya. Solenaya** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Department of Electromechanics and Robotics;
E-mail: osolenaya@guap.ru
- Alexander V. Rysin** — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Department of Electromechanics and Robotics;
E-mail: Galewon@yandex.ru
- Sergey V. Solyony** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Department of Electromechanics and Robotics;
E-mail: sss555ssv@yandex.ru
- Vladimir P. Kuzmenko** — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Department of Electromechanics and Robotics;
E-mail: mr.konnny@gmail.com
- Evgeny S. Kvas** — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Department of Electromechanics and Robotics;
E-mail: e.kvas@guap.ru

For citation: Solenaya O. Ya., Rysin A. V., Solyony S. V., Kuzmenko V. P., Kvas E. S. Characteristics and parameters of the technical condition of overhead power lines. *Journal of Instrument Engineering*. 2021. Vol. 64, N 7. P. 583—588 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-7-583-588

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СОРТИРОВКИ И КЛАССИФИКАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ПО ВИЗУАЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

А. Н. ЧЕРТОВ, Е. В. ГОРБУНОВА, А. С. КУШКОЕВА, А. А. ГОРБАЧЁВ

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: a.n.chertov@mail.ru*

Представлен разработанный авторами аппаратно-программный комплекс, предназначенный для сортировки и классификации в полуавтоматическом режиме проб и мелких партий минерального сырья по таким параметрам, как размер, цвет и чистота. Комплекс содержит узлы нижней и верхней подсветки, узел регистрации с телевизионной камерой, а также проекционный узел для отображения результатов классификации в зону анализа. Роль оператора сводится к механическим действиям по размещению и удалению минеральных образцов из зоны анализа. Экспериментальные исследования проводились с использованием бериллов, хризолитов, аметиста, лазурита, кварца и аквамарина, всего 69 образцов. Относительные погрешности определения цветового тона, насыщенности и светлоты составили соответственно 2,2, 6,2 и 9,1 % от всего измеряемого диапазона. Средний разброс определяемых значений прозрачности, количества включений и трещин — 3,1, 9,5 и 4,8 % соответственно. Погрешность определения размерных параметров составила 0,5 мм. Предложенное техническое решение может быть использовано для технологической оценки обогатимости минерального сырья методом оптической сортировки с определением оптимальных порогов разделения.

Ключевые слова: минеральное сырье, драгоценные камни, классификация, сортировка, аппаратно-программный комплекс, цвет, прозрачность

Постановка задачи. Оптическая сортировка — метод, широко используемый для обогащения минерального сырья: золотосодержащих [1] и бериллиевых руд [2], пегматитов [3], шунгита [4], меди [5], хромита [6].

При этом до сих пор мало изученными остаются задачи технологической оценки обогатимости минерального сырья этим методом, так как на рынке оборудования отсутствуют решения, позволяющие получить количественные параметры для автоматического разделения минерального сырья методом оптической сортировки. Поэтому в настоящее время такие параметры получают экспериментально путем анализа „представительных“ проб сырья на конкретных оптических сортировщиках с целью их „обучения“ [7, 8].

Недостаток такого подхода — необходимость транспортировки проб сырья в инженеринговые центры или на обогатительные фабрики, к местам расположения оптических сортировщиков. При этом заранее предсказать эффективность сортировки того или иного вида сырья невозможно.

Аналогичная задача характерна и для рынка драгоценных камней, когда на стадии сортировки и первичной классификации требуется из добытого сырья выделить драгоценные камни и на основании их показателей качества сформировать лоты для продажи. При этом критериями оценки и классификации являются цвет, прозрачность, наличие включений, размерные параметры. Сейчас данная задача решается вручную, требует значительных временных затрат и отличается высокой субъективностью результатов, качество которых зависит, в том числе, от опыта специалиста, осуществляющего сортировку. Существующие инструментальные методы

и подходы [9—12] узко специализированы, привязаны к конкретному виду драгоценных камней и, в целом, не способны изменить описанную ситуацию.

В настоящей статье представлен разработанный коллективом авторов аппаратно-программный комплекс (АПК), способный осуществлять автоматическую параметрическую классификацию минеральных образцов по критериям размера, цвета и чистоты, с возможностью определения количественных границ их разделения.

Аппаратно-программный комплекс и принципы его работы. Общая схема построения АПК представлена на рис. 1, где 1 — телевизионная камера Basler; 2 — источник освещения; 3 — проектор; 4 — управляющий контроллер; 5 — заглушка проектора; 6 — компьютер.

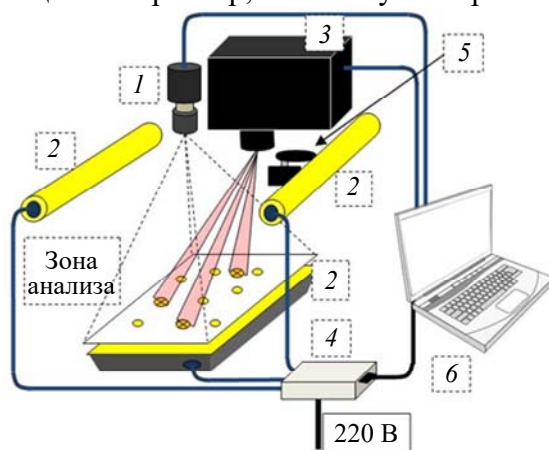


Рис. 1

Принцип работы АПК заключается в следующем. Минеральные образцы ровным слоем, не перекрывая друг друга, размещаются в зоне анализа на матовой пластине из полупрозрачного материала. Зона анализа освещается равномерным световым потоком модульного источника освещения 2, подключенного к компьютеру 6 через управляющий контроллер 4. Комбинация верхних и нижнего модулей источника обеспечивает возможность получения с помощью телевизионной камеры 1 изображений всех анализируемых образцов как в отраженном, так и в проходящем свете. Это позволяет эффективно выделять границы образцов и осуществлять анализ их прозрачности, внутренней структуры и цвета.

По результатам обработки и анализа изображений формируется итоговый протокол, содержащий параметрическую информацию обо всех проанализированных образцах.

Для случая физической сортировки или классификации образцов по одному или совокупности нескольких показателей качества реализована возможность проецирования световых меток заданного цвета и размера в зону анализа с помощью проектора 3. Такое решение позволит снизить нагрузку на оператора, избавив его от необходимости постоянной сверки положения объекта в зоне анализа с его положением на изображении, отображаемом на экране монитора.

Достоверность результатов анализа обеспечивается за счет процесса предварительной настройки и калибровки аппаратно-программного комплекса, состоящего из нескольких этапов.

1. Настройка проекционного блока для согласования систем координат проецирования, регистрации и зоны анализа — производится оператором с помощью сетки, проецируемой в зону анализа. Оператор должен убедиться в том, что проекция сетки не имеет искажений.

2. Настройка телевизионной камеры для режимов работы „на пропускание“ и „на отражение“ — предназначена для поиска и сохранения оптимальных значений рабочих параметров: экспозиции, усиления, четкости, яркости, контраста, насыщенности и баланса белого.

3. Колориметрическая калибровка — для режима „на отражение“ производится по эталону белой диффузно-отражающей поверхности, что позволяет полностью определить цветовое тело воспроизводимых камерой цветовых оттенков и рассчитать необходимые границы цветовых классов для анализируемых образцов; для режима „на пропускание“ калибровка