

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ЛЭП В УСЛОВИЯХ  
КЫРГЫЗСТАНА  
КЫРГЫЗСТАНДЫН БИЙИК-ТООЛУУ ШАРТТАРЫНДА АБА  
ЧУБАЛГЫЛАРЫНДАГЫ ПРОФИЛАКТИКАЛЫК ИШТЕРДИ ЖҮРГҮЗҮҮҮ УЧУРУНДА  
АРАЛЫКТАН БАШКАРУУЧУ УЧУУЧУ  
АППАРАТТАРДЫ ПАЙДАЛАНУУНУН АКТУАЛДУУЛУГУ  
THE RELEVANCE OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR  
PREVENTATIVE MAINTENANCE OF POWER LINES IN THE CONDITION OF  
KYRGYZSTAN

Рыскулов И.Р., ст.преподаватель  
ЖАГУ ТИПФ,  
Алманбетов А., преподаватель АББИ,  
Кочконбаев С., преподаватель АББИ

**Аннотация:** В статье рассмотрены основные направления применения БПЛА для мониторинга линий электропередачи (ЛЭП) в высокогорных условиях нашей страны. Приведены основные виды осмотров, необходимые для проведения ремонтных работ и применения дронов для диагностики ЛЭП в энергосистеме КР.

**Аннотация:** Бул макалада биздин өлкөнүн бийик тоолуу шартында жогорку чыңалуудагы аба чубалгыларын мониторинг жүргүзүү үчүн учкучсуз учуучу аппараттарды (УУА) колдонуунун негизги багыттары көргөзүлгөн. Кыргызстандын энергосистемасындагы аба чубалгыларын кароодо жана оңдоп-түзөө иштеринде учуучу аппараттарды колдонуу берилген.

**Annotation:** The article describes the main directions of UAV application for monitoring of power lines (power lines) in the mountainous conditions of our country. The main types of inspections necessary for repair work and the use of drones for the diagnosis of power lines in the power system of the Kyrgyz Republic are given.

**Ключевые слова:** беспилотник, воздушное судно, авиационная система, мониторинг, профилактика, воздушная линия электропередач.

**Ачык сөздөр:** учкучсуз учуучу аппарат, аба кемеси, авиациялык системасы, аба чубалгылары, мониторинг, профилактика.

**Keywords:** drone, aircraft, aviation system, monitoring, prevention, air power line

История развития электрических сетей Кыргызстана тесно связана с общим развитием энергетики и электрификации республики.

С ростом мощностей электростанций, объединением их на параллельную работу, централизацией электроснабжения, росли классы напряжения линий электропередач и их протяженность.

После революции большой толчок развитию электрических сетей республики был положен планом ГОЭЛРО, который наряду со строительством электрических станций предусматривал сооружение электрических сетей, централизацию электроснабжения и создание энергосистем.

Сети напряжением 6—10 кВ получили распространение в городских и сельских распределительных сетях, а линии электропередачи напряжением 35—110 кВ — для связи между отдельными станциями и местными энергосистемами, а также для передачи электроэнергии в отдаленные горные районы, в основном сельскохозяйственного

назначения [1, 88 с.].

Линии электропередачи напряжением 220 кВ связали энергосистемы Севера и Юга Кыргызстана с соседними энергосистемами Южного Казахстана и Узбекистана, а также служат для выдачи мощности Курпсайской, Ташкумырской и Шамалдысайской ГЭС.

Линии электропередачи самого высокого класса напряжения 500 кВ введены для выдачи мощности Токтогульской ГЭС, а также ВЛ 500 кВ Датка-Кемин для создания внутреннего энерго кольца, а в будущем и каскада Камбаратинских ГЭС. Кроме того они связали энергосистемы Севера и Юга республики и является звеном кольца в объединенной энергосистеме Средней Азии и Южного Казахстана.

Большинство воздушных линий электропередач в стране является высокогорными. Например, Линия Кочкорка — Нарын является уникальной высокогорной трассой, отдельные ее опоры установлены на высоте свыше 3500 м над уровнем моря.

В 1975 году началось строительство ЛЭП-500 кВ Токтогульская ГЭС — п/ст «Фрунзенская» общей протяженностью 211 км, из которых 181 км проходит в горных условиях. На трассе установлены 682 оцинкованные металлические опоры, из них 219 анкерных, высотой до 50 м и весом до 25 тонн каждая. Линия пересекает семь перевалов, таких как Кум-Бель — 2 высотой 3470 м, Джаргарт высотой 3400 м, Кочкор-Тёбё высотой 2200 м и других, проходит по Тянь-Шаню через 35 климатических участков, на отрезке в 207 км делает 173 поворота, проходит через десятки горных рек и пропастей. На опорах линии натянут специальный провод типа АСУС-500, вес одного км которого составляет 13,5 тонны. По линии передается до 1000 тыс. кВт электрической мощности для удовлетворения быстрорастущих потребностей промышленности и сельского хозяйства Севера Кыргызстана и Казахстана. [1, 102 с.]

ЛЭП-110 кВ Гульча—Сопу — Коргон — Сары-Таш с подстанциями 110/10 кВ в с. Сопу-Коргон и 110 (35) 10 кВ в с. Сары- Таш. Эта уникальная высокогорная ЛЭП длиной 95,44 км предназначена для электроснабжения Алайской долины. Она проходит на высоте более 3000 метров. Так, например, высота перевала Талдык 3615 м, а поселок Сары- Таш расположен на высоте 3000 м. Опоры на перевальных участках ЛЭП выполнены в габаритах ЛЭП-220 кВ. [1, 99 с.].

По географическому положению наша страна расположена на северо-востоке Центральной Азии в пределах горных систем Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Границы Кыргызстана проходят в основном по естественным рубежам — гребням высоких горных хребтов и рекам, лишь местами они опускаются на равнины Чуйской, Таласской и Ферганской долин. Территория Кыргызстана простирается с запада на восток на 900 км, с севера на юг — на 410 км. Площадь республики Кыргызстан равна 198,5 тыс.км<sup>2</sup>. Население 6 млн. человек. Наибольшая высота — 7439 м (пик Победы), наименьшая — 384 м (на юго-западе Кыргызстана). Рельеф Кыргызстана преимущественно горный. Характерной особенностью рельефа является чередование высоких хребтов и межгорных котловин, соединенных между собой узкими ущельями. [ 2 ]

По рельефу местности и климатическим особенностям Кыргызстан является типично горной страной: около 43% ее территории находится на высотах более 3000 м и только около 15% — на высотах ниже 1500м. Средняя высота территории составляет 2750 м, минимальная — 400м (Ферганская впадина), максимальная — 7439 м (пик Победы).

Все эти природные условия создают определенные трудности при проектировании ВЛ и в дальнейшем их эксплуатацию.

Поэтому в нашей энергосистеме ВЛ зависимости от климатических, топографических и геологических условий трассы линий электропередачи могут проходить:

— по склонам гор при сильно пересеченном рельефе и покрытой лесом либо безлесной местности, а также в предгорной зоне, используемой под сельскохозяйственные посадки;

- по широкой горной долине или по горному плато со слабо пересеченным рельефом на отметках до и выше 1000 м.;
- по узким долинам и ущельям в условиях чрезвычайно стесненных, где места установки опор часто определяются углами поворота трассы или условиями доступности для сборки установки опор и фундаментов, и обслуживания сооружаемой линии, а также условиями безопасности опор от различных природных явлений;
- по горным перевалам, где возможно усиление гололедообразования и требуется изменение схемы расположения проводов.

Все эти вышеуказанные факторы приведут к повышению материальных затрат, а также большого времени при обслуживании и ремонте ВЛ. Чтобы раньше обнаружить неисправности, представляющие угрозу для нормальной эксплуатации ВЛ, а также предупредить развитие возникших неисправностей в процессе эксплуатации электромонтеры, и инженерно-технический персонал проводятся осмотры воздушных линий электропередачи. Осмотры бывают **периодические и внеочередные**, осмотры с **земли и так называемые верховые осмотры**.

Осмотры пешком, а также с использованием транспортных средств, в том числе самолетов и вертолетов. Но учитывая особенности рельефа нашей страны энергокомпании производить осмотры пешком, так как большинство опор ВЛ находятся в недоступном для транспорта высоте. Это увеличивает время прохождения осмотра, потому что трассы многих ВЛ проходит по пресеченной местности. При обследовании участков ЛЭП, находящихся в труднодоступных местах, наземное обследование может затянуться на несколько дней или неделю.

Для того, чтобы снизить материальные и денежные затраты, а также уменьшить время при проведениях верховых осмотров в последнее время во всем мире начинают применяться так называемые беспилотные летающие аппараты (БПЛА) [3].

**Беспилотный летательный аппарат** (БПЛА или БЛА) — в общем случае это летательный аппарат без экипажа на борту.

Беспилотники - это эффективное средство для использования в электроэнергетике при проведении осмотров ВЛ. Они могут применяться, например, для обследования высотных и линейных сооружений [4].

Беспилотники сложно поддаются классификации, условно их можно разделить на следующие категории:

- Коммерческие – для экспресс-доставки посылок, а также для сельскохозяйственных нужд
- Военные – для наблюдения, разведки и сбрасывания бомб.
- Гражданские – они помогают контролировать территорию и обеспечивают безопасность
- Поисковики – они помогают в поиске жертв в местах, где произошли катастрофы.

Типы беспилотных летательных аппаратов

Табл.1.

	Аэростатические	Аэродинамические			Реактивные
		Гибкое крыло	Фиксированное крыло	Вращающееся крыло	
<b>безмоторные</b>	Аэростаты	Воздушные змеи и аналоги безмоторных аппаратов сверхлегкой авиации (парaplаны, дельтапланы и др.)	Планеры		
<b>моторные</b>	Дирижабли	Аналоги моторных аппаратов сверхлегкой авиации (парaplаны, дельтапланы и др.)	БПЛА самолетного типа	БПЛА вертолетного типа	Космические реактивные аппараты

По количеству двигателей коптеры (дроны) делятся на группы: трикоптеры, квадрокоптеры, гексакоптеры и октокоптеры (Рис.1.).

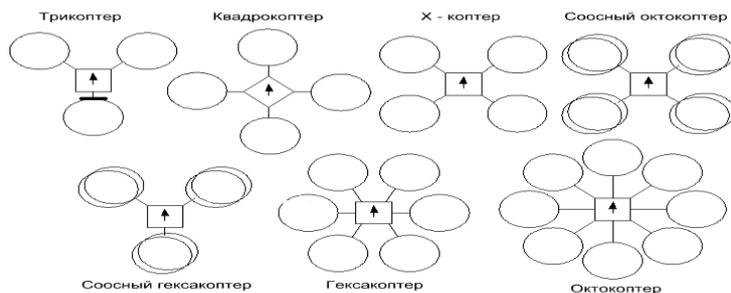


Рис 1. Типы дронов по количеству двигателей

### Трикоптеры

Три двигателя, как правило, располагаются на концах Y-образной рамы. Это самые простые и самые дешевые мультикоптеры. На этом их достоинства заканчиваются: их полет неустойчив, вес полезной нагрузки маленький. При отказе хотя бы одного двигателя они падают на землю и разбиваются — впрочем, как и квадрокоптеры.

### Квадрокоптеры

Четыре двигателя, которые в классическом варианте располагаются на квадратной раме. Полезная нагрузка возрастает на треть по сравнению с аналогичным трикоптером. Полет квадрокоптеров более устойчивый и длительный (за счет емкости более мощного аккумулятора или за счет более экономного режима работы моторов).

### Гексакоптеры

Шесть двигателей закреплены на H-образной или Ж-образной раме. Конструкция достигает довольно больших размеров. Еще более увеличивается вес полезной нагрузки. Как и октокоптеры, они могут летать даже с вышедшим из строя двигателем. Из минусов — высокая цена. [4]

Перечислим основные виды работ, для которых возможно применение беспилотников:

а) плановая диагностика – облёты воздушных линий (ВЛ), наблюдение и фотографирование на малых и средних высотах, инспекция ВЛ и охранной зоны, выявление дефектов и нарушений, определение пространственных (3D) нарушений габаритов просеки и проводов;

б) аварийно-восстановительные работы – облёт ВЛ на средних высотах при различных метеоусловиях, в ночное время с использованием фотовспышки или тепловизора;

в) картографические работы – создание цифровых топографических и кадастровых планов, трёхмерных моделей местности и линий электропередачи, сопровождение работ по строительству и реконструкции ВЛ (Рис.2.) [3].

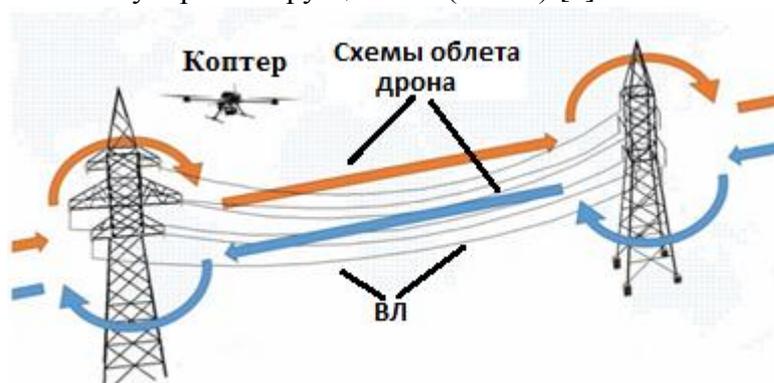


Рис. 2. Схема мониторинга ЛЭП с помощью мультироторного коптера (дрона)

При проведении аэрофотосъёмочных работ можно получить снимки высокого разрешения и по ним проанализировать достаточно большое число дефектов, таких как (Рис.3.):

**дефекты опор:**

отсутствие, отрыв, деформация элементов металлических опор; выкрошивание бетона, деформация железобетонных опор; отклонение опор от вертикали; разворот, деформация траверсов на железобетонных опорах; отсутствие натяжения внутренних стяжек и тросовых растяжек; падение, повреждение опор;

**дефекты провода, линейной и цепной арматуры:**

разрушение элементов стеклянных и фарфоровых изоляторов; отсутствие гасителей вибрации, отсутствие грузов, потеря работоспособности несущего тросика, смещение виброгасителей вдоль проводов относительно проектного положения; отсутствие и неправильное расположение соединителей проводов; изломы, отрывы лучей дистанционных распорок между проводами расщеплённой фазы; обрыв проводов;

**дефекты на трассе:**

наличие опасной для эксплуатации ВЛ растительности; падение деревьев на провода и опоры; наличие древесно-кустарниковой растительности (ДКР) в охранной зоне; наличие строений и прочих объектов в охранной зоне; пересечение с природными и антропогенными объектами; опасные явления (проседание грунта, подтопление и др.) [3].



Рис.3. Обнаружение дефектов на ВЛ при помощи беспилотника.

Ниже перечислены преимущества использования БПЛА в сфере электроэнергетики:

**Оперативность:** БПЛА позволяет вести обслуживания со скоростью в десятки километров в час или, наоборот, в режиме зависания у необходимой точки. Это обеспечивает выигрыш в скорости контроля по сравнению с традиционным способом обследования с земли.

**Объективность:** снижается роль человеческого фактора. Остаются документы обследования в виде фото и видеоматериалов.

**Качество:** высокое разрешение получаемых материалов, их геопривязка.

**Безопасность:** использование беспилотника вместо сотрудников снижает вероятность несчастных случаев. Особенно по сравнению с использованием промышленных альпинистов.

**Экономический эффект:** снижение материальных затрат, таких как: ГСМ, моторесурсов и запчастей транспорта, командировочные расходы на бригаду работников и экономия времени для осмотра.

Учитывая, что большинство воздушных линий электропередач нашей энергосистемы построены в 50-60-годах прошлого века, требуется вложения огромных денежных средств для поддержания этих ВЛ в состоянии эксплуатационной готовности. Для распределительных компаний снижения расходов на ремонт и профилактику ВЛ является одним из

основных проблем. Один из таких мер для экономии средств является применения беспилотных летательных аппаратов при профилактических работах ВЛ. Внедрение БПЛА для мониторинга и профилактики воздушных линий электропередач в нашей стране для повышения качества ремонтных работ и уменьшений аварийных отключений ВЛ в настоящее время для нашей страны жизненно необходимо [5].

#### **Выводы:**

Применение БПЛА при мониторинге состояния воздушных линий электропередачи в энергокомпаниях может дать экономию средств для ремонта и профилактических работ. В труднодоступных районах где невозможно применить транспортные средства беспилотники является наиболее оптимальным вариантом проведения осмотров электрооборудования. Использование БПЛА позволяет существенно увеличить оперативность мониторинга и сократить сроки проведения обследований и ремонтно-профилактических работ. В зависимости от комплектации сенсоров на БПЛА и специализированного программного обеспечения возможно одновременное получение существенно расширенного объема информации о состоянии объектов электроэнергетики и параметров и рисков в пределах охранных зон.

#### **Список литературы:**

1. Ж.Т. Тулебердиев, К.Р. Рахимов, Ю.П. Беляков. Развитие энергетики Кыргызстана. Бишкек 1997.
2. <http://rus.gateway.kg/geografiya-kyrgyzstana/> Кыргызstan Review Информационно-познавательный портал о Кыргызстане
3. А. Валиев. Эксплуатация беспилотников в электросетевом комплексе России.// «Электроэнергия», № 6, 2011 г.
4. Сайт компании Геоскан - <https://www.geoscan.aero/>
5. Сайт компании Финко (беспилотники Суперкам) - <http://unmanned.ru/>

Кыргыз Республикасынын Президенти тарабынан жарыяланган “2019-жыл – Региондорду өнүктүрүү жана санариптештирүү” жана “Бухгалтерлер күнүнө” карата “Региондорду өнүктүрүүдө, эсеп жүргүзүүнү санариптештирүү – учурдун талабы” – аталыштагы Эл аралык илимий-практикалык

### Конференцияга катышуу үчүн берилүүчү

#### МААЛЫМАТТАР

1. Аты, жөнү Кочконбаев Сыргак Абазбекович
2. Өлкөсү Кыргыз Республикасы
3. Уюму аймактык билим берүү институту
4. Кызматы АББИ “Электроэнергетика” кафедрасынын окутуучусу
5. Илимий даражасы жок
6. Илимий наамы жок
7. Илимий билдирүүнүн аталышы Кыргызстандын бийик-тоолуу шарттарында аба чубалгыларындагы профилактикалык ишперди жүргүзүү учурунда аралыктан башкаруучу учуучу аппараттарды пайдалануунун актуалдуулугу.
8. Дареги Жалал-Абад обл. Таш-Көмүр ш. Батма кадырова 30б.
9. Телефону 0779454691
10. E-mail surgak@gmail.com