

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт управления бизнес-процессами и экономики
Кафедра «Бизнес-информатика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А. Н. Пупков

« _____ » _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

09.03.03.01 «Прикладная информатика в экономике»

Определение эффективности использования

беспилотных авиационных систем энергоснабжающими организациями

(на примере ОАО «ИЭСК»)

Руководитель _____ доцент кафедры БИ, к.ф.-м.н И.С. Масич

Руководитель _____ доцент кафедры ЭУБП, к.э.н. М.А. Лихачев

Выпускник _____ К.А. Шаблова

Нормоконтролер _____ Д.И. Ярещенко

Красноярск 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Обзор применения беспилотных авиационных систем в России	5
1.1 Определение основных понятий сферы беспилотных авиационных систем.....	5
1.2 Обзор опыта использования беспилотных авиационных систем в России.....	7
2 Применение беспилотных авиационных систем для решения производственных задач в ОАО «ИЭСЖ»	18
2.1 Решение производственных задач с помощью беспилотных авиационных систем в ОАО «ИЭСЖ».....	18
2.2 Определение параметров, влияющих на экономическую эффективность применения беспилотных авиационных систем в ОАО «ИЭСЖ»	28
2.3 Методика расчета экономической эффективности беспилотных авиационных систем в ОАО «ИЭСЖ».....	39
3 Разработка информационной системы для принятия управленческих решений для ОАО «ИЭСЖ»	45
3.1 Направления модернизации информационной системы ОАО «ИЭСЖ»	45
3.2 Разработка информационной системы для принятия управленческих решений для ОАО «ИЭСЖ»	49
3.3 Обоснование эффективности использования специалистами энергоснабжающих организаций разработанного программного средства ...	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	73

ВВЕДЕНИЕ

Беспилотники (БПЛА) – это летательные аппараты, управляемые оператором на расстоянии или с помощью специальной программы, которая заложена в механизм. В настоящее время БПЛА получают все большее распространение, особенно беспилотники вертолетного типа с четырьмя двигателями (квадрокоптеры).

Основными целями проекта, реализуемого в ОАО «Иркутская электросетевая компания» с использованием беспилотных авиационных систем (БАС), являются осмотр линий передач и составление поопорных схем для обеспечения бесперебойной работы ЛЭП и качественное обслуживание потребителей. Кроме повышения эффективности выполнения указанных видов работ немаловажным является вопрос повышения безопасности. С помощью БПЛА можно обеспечить большую безопасность персоналу при производстве работ. Во-первых, персоналу не приходится входить в зону высокого напряжения, подвергаться электромагнитному облучению и подниматься на высоту. Во-вторых, осмотры, как правило, осуществляются в весенний период, когда существует наибольший риск нападения медведя и заражения инфекционными заболеваниями, передающихся через укус иксодового клеща.

Объект исследования – применение беспилотных авиационных систем.

Предмет исследования – расчет экономической эффективности БАС на примере энергоснабжающей организации ОАО «ИЭСК».

Целью данной дипломной работы является создание программного средства, позволяющего определять целесообразность использования БАС при решении основных производственных задач и определение направлений деятельности организации для повышения эффективности использования БАС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить основные понятия сферы беспилотных авиационных систем (БАС);
- выделить основные производственные задачи, решение которых возможно с помощью БАС;
- определить параметры, влияющие на экономическую эффективность применения БАС в энергоснабжающих организациях;
- определить направления деятельности энергоснабжающей организации для повышения эффективности использования БАС;
- описать методику расчета экономической эффективности;
- создать программное средство для принятия управленческих решений при решении типовых производственных задач с возможностью использования БАС.

При выполнении исследования были использованы следующие методы: диалектический, синтез, интервьюирование, анализ и сравнительный анализ.

Нормативно-правовой базой дипломной работы являются циркуляры ИКАО, Воздушный кодекс РФ от 19 марта 1997 г. № 60-ФЗ, Федеральные авиационные правила, Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, ГОСТ Р 56122-2014, ГОСТ 3.1102-2011.

Теоретической базой работы являются работы по проблемам эксплуатации беспилотных авиационных систем, оценки стоимости владения объектами авторов С.А.Кудрякова, В.Р.Ткачева, Г.В.Трубникова, В.В.Макарова, В.А. Зобнина.

Эмпирическую базу работы составляют материалы А.В. Афанасьева (ИЭСК) и данные А.Ю. Архипенко (Copter38), Р.В. Голубева (ООО «БАС-ТЕХНОЛОГИИ»), И.И. Мерзлякова (Propeller.Video), характеризующие различные аспекты эксплуатации беспилотных авиационных систем в производственном процессе, а также сведения официальных сайтов.

1 Обзор применения беспилотных авиационных систем в России

1.1 Определение основных понятий сферы БАС

Беспилотные авиационные системы (БАС) являются наиболее быстро развивающимся классом авиационной техники во всем мире. Объектом рассмотрения в данной работе являются БАС, относящиеся к гражданской авиации. Международное правовое регулирование в этой сфере осуществляется Международной организацией гражданской авиации (ИКАО). ИКАО является специализированным учреждением ООН, которое устанавливает международные нормы гражданской авиации и координирует её развитие с целью повышения безопасности и эффективности [1].

В циркуляре 328-AN/190 ИКАО сформулированы следующие основные понятия:

Беспилотная авиационная система – это воздушное судно и связанные с ним элементы, которые эксплуатируются без пилота на борту.

Беспилотное воздушное судно – это воздушное судно, которое предназначено выполнять полет без пилота на борту.

Внешний пилот – это лицо, манипулирующее органами управления дистанционно пилотируемого воздушного судна в течение полетного времени.

Дистанционно пилотируемое воздушное судно – это воздушное судно, которое пилотирует пилот, не находящийся на борту этого воздушного судна.

Линия управления и контроля – это линия передачи данных между дистанционно пилотируемым воздушным судном помогает внешнему пилоту безопасно выполнять полет.

Сегрегированное воздушное пространство – воздушное пространство установленных размеров, предназначенное для исключительного использования конкретным пользователем.

В Руководстве по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС) ИКАО определены следующие понятия [2]:

Авиационные спецработы – это полет воздушного судна, в ходе которого воздушное судно используется для обеспечения специализированных видов обслуживания в таких областях, как сельское хозяйство, строительство, фотографирование, топографическая съемка, наблюдение, патрулирование, поиск и спасание, воздушная реклама и т.д.

Аспект человеческого фактора – это принципы, применимые к процессам проектирования, сертификации, подготовки кадров, эксплуатационной деятельности и технического обслуживания в авиации и нацеленные на обеспечение безопасного взаимодействия между человеком и другими компонентами системы посредством надлежащего учета возможностей человека.

Техническое обслуживание – это проведение работ, необходимых для обеспечения сохранения летной годности воздушного судна, включая контрольно-восстановительные работы, проверки, замены, устранение дефектов, выполняемые как в отдельности, так и в сочетании, а также практическое осуществление модификации или ремонта [5].

Указания по поддержанию летной годности (УПЛГ) – это комплект описательных данных и инструкций по планированию и выполнению технического обслуживания, выпускаемый держателем сертификата типа воздушного судна в соответствии с сертификационной основой изделия авиационной техники [6].

Эксплуатант – это лицо, организация, предприятие, занимающееся эксплуатацией воздушных судов или предлагающее свои услуги в этой области.

В Российской Федерации базовым законом в этой сфере является Воздушный кодекс РФ от 19.03.1997 №60-ФЗ (ред. от 31.12.2017). Воздушный Кодекс РФ устанавливает правовые основы деятельности в сфере авиации и использования воздушного пространства страны. Государственное

регулирование деятельности в области авиации направлено на обеспечение потребностей граждан и экономики в воздушных перевозках, авиационных работах, обеспечение обороны и безопасности государства, охраны интересов государства, безопасности полетов воздушных судов, авиационной и экологической безопасности [6].

В Воздушном кодексе сформулированы следующие основные понятия:

Воздушное судно – это летательный аппарат, поддерживаемый в атмосфере за счет взаимодействия с воздухом, отличного от взаимодействия с воздухом, отраженным от поверхности земли или воды.

Беспилотное воздушное судно – это воздушное судно, управляемое, контролируемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого воздушного судна (внешний пилот).

Беспилотная авиационная система – это комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, средства обеспечения взлета и посадки, средства управления полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов и средства контроля за полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов.

В настоящее время в Российской Федерации отсутствует общепринятая понятийная база в сфере БАС. Так как понятия, данные в ИКАО и ГОСТе Р-56122, совпадают по своему содержанию, а отличия с Воздушным кодексом не существенные, понятия и их определения будем использовать в соответствии с ИКАО. Для беспилотного воздушного судна будем использовать аббревиатуры БВС или БПЛА (беспилотные летательные аппараты).

1.2 Обзор опыта использования БАС в России

Для представления опыта использования БПЛА, как основного элемента БАС, необходимо рассмотреть их классификации. Основными

классификациями являются: классификация по назначению, классификация по принципу полета, классификация по взлетной массе и дальности действия.

По назначению БПЛА подразделяют на военные и гражданские [17].

Использование БПЛА в военных целях является одним из главных направлений развития современной авиации и позволяет автоматизировать управление войсками, сократить потерю личного состава в бою за счет оперативной разведывательной информации о текущей обстановке [18].

Основными достоинствами использования БПЛА в военных целях являются: отсутствие потерь летного состава, отсутствие необходимости выделения сил и средств на поиск и спасение, невысокая стоимость БПЛА, малые затраты на обслуживание БПЛА и подготовку расчета, возможность выполнения маневров с высокими перегрузками, способность применять вооружение с малых расстояний, возможность дистанционного пилотирования посменно несколькими операторами.

Ударные БПЛА скоро появятся в Вооруженных силах РФ [19]. Возможно, их демонстрация 9 мая 2018 года на параде Победы является подтверждением этому. Последнее время велись отечественные разработки в сфере беспилотников, что позволило существенно расширить область их применения и увеличить эксплуатационные характеристики БПЛА. На данный момент они используются военными для ведения воздушной разведки, инженерного обеспечения, радиоэлектронной борьбы, обеспечения связи, а также в составе разведывательно-ударных и разведывательно-огневых контуров.

Несмотря на то, что изначально применение БПЛА определялось как военное, с начала 2000-х беспилотники начали применять и в гражданских целях. Гражданские БПЛА применяются для мониторинга различных объектов, а именно: видеонаблюдение с целью охраны различных объектов, мониторинг лесных массивов службой лесоохраны, наблюдение за движением на железных и шоссейных дорогах, в сельском хозяйстве, мониторинг нефтегазовых объектов, фото- и видеосъемка труднодоступных

промышленных объектов (линий электропередач, опор мостов, дымовых труб и т.д.).

По принципу полета БПЛА бывают самолетного типа и вертолетного, с гибким крылом и с машущим, а также аэростатического типа.

У аппаратов самолетного типа подъемная сила создается аэродинамическим способом за счет напора воздуха, набегающего на неподвижное крыло. Такой тип аппаратов отличается большей длительностью полета, максимальной высотой полета, высокой скоростью. Пример БПЛА самолетного типа представлен на рисунке 1.

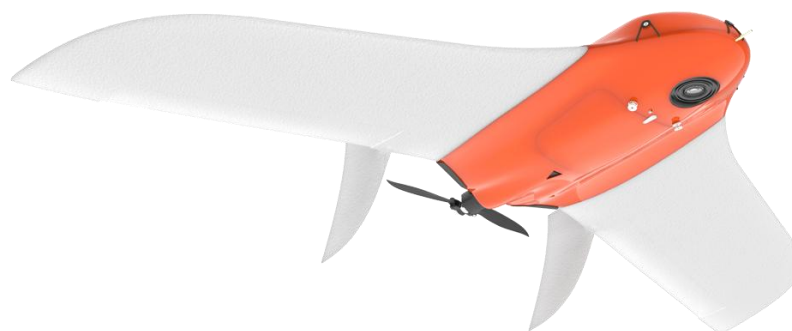


Рисунок 1 – БПЛА самолетного типа

Подъемная сила у аппаратов вертолетного типа также создается аэродинамически за счет вращающихся лопастей несущего винта (винтов). Очевидные преимущества вертолетного типа – это высокая маневренность способность зависания на месте. БПЛА вертолетного типа, в свою очередь, классифицируются по количеству пропеллеров. Квадрокоптер имеет 4 пропеллера, данный БПЛА представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Квадрокоптер

Гексакоптер – это БПЛА с 6 пропеллерами. Данный вид БПЛА представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Гексакоптер

Октокоптер – это БПЛА, имеющий 8 пропеллеров. Данный вид вертолетного типа представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Октокоптер

Аппараты с гибким крылом являются дешевыми и экономичными. В качестве несущего крыла используется гибкая конструкция, выполненная из ткани, эластичного полимерного материала, обладающего свойствами обратимой деформации. Пример аппарата с гибким крылом представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Аппарат с гибким крылом

Аппараты с машущим крылом основаны на бионическом принципе копирования движений, создаваемых в полете летающими живыми объектами (птицами и насекомыми). В этом классе БПЛА на данный момент нет серийно выпускаемых аппаратов и их практического применения.

В аэростатическом типе подъемная сила создается преимущественно за счет архимедовой силы, действующей на баллон, заполненный легким газом. Этот класс представлен в основном беспилотными дирижаблями. Пример БПЛА аэростатического типа представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – БПЛА аэростатического типа

Также различают БАС по взлетной массе и дальности действия:

- микро-БПЛА ближнего радиуса действия (взлетная масса до 5 кг, дальность действия до 25-40 км);
- легкие БПЛА малого радиуса действия (взлетная масса 5-50 кг, дальность действия 10-70 км);
- легкие БПЛА среднего радиуса действия (взлетная масса 50-100 кг, дальность действия 70-150 км);
- средние БПЛА (взлетная масса 100-300 кг, дальность действия 150-1000 км);
- среднетяжелые БПЛА (взлетная масса 300-500 кг, дальность действия 70-300 км);
- тяжелые БПЛА среднего радиуса действия (взлетная масса более 1500 кг, дальность действия 70-300 км).

Сферы применения беспилотных авиационных систем [20]:

– в лесном хозяйстве: лесное картографирование, получение актуальной и достоверной информации о состоянии лесных земель и лесных насаждений, среднесрочное и оперативное планирование лесозаготовок, проектирование противопожарных лесозащитных мероприятий;

– в нефтегазовой отрасли: аэрофотосъемка и картографирование мест трубопроводов и добычи полезных ископаемых, мониторинг объектов нефтяной и газовой промышленности, обнаружение повреждений и утечек на участках трубопроводов;

– в энергетике и связи: картографирование и мониторинг ЛЭП, линий связи и других объектов, поддержка проектно-изыскательских работ на местности;

– землеустройство и кадастр: аэрофотосъемка земельных участков, учет и мониторинг земельных участков, поддержка задач по межеванию земель, определение размеров местоположения и других характеристик земельных участков;

– в дорожном хозяйстве: аэрофотосъемка автомобильных и железных дорог, придорожной обстановки, учет и мониторинг дорог и объектов придорожной инфраструктуры, оценка состояния дорог;

– в сельском хозяйстве: аэрофотосъемка и картографирование сельскохозяйственных угодий, наблюдение и мониторинг за сельскохозяйственными культурами;

– для охраны окружающей среды: аэрофотосъемка и мониторинг природных комплексов, объектов промышленности;

– для МЧС: мониторинг объектов промышленности, представляющих повышенную опасность для окружающей среды и населения, оперативное прогнозирование и оценка последствий ЧС.

Так как в данной дипломной работе будем рассматривать применение БАС в сфере энергетики, то рассмотрим данную сферу более подробно. В настоящее время остро стоит проблема своевременного обнаружения дефектов ЛЭП с их последующим устранением для того, чтобы

предотвратить незапланированное отключение линии [22]. Это имеет как прикладное значение с точки зрения упрощения эксплуатации ЛЭП, так и большой экономический эффект, обусловленный уменьшением расходов на замену оборудования, расходов на компенсацию потерь электроэнергии, а также уменьшением затрат на заработную плату обслуживающему и ремонтному персоналу. Из этого видно, что диагностика по данным аэрофотосъемки ЛЭП является ключевым элементом в эксплуатации ЛЭП. Эффективное решение мониторинга состояния ЛЭП зачастую осложняется большой протяженностью и недоступностью для наземных транспортных средств объектов подобного рода, особенно принимая во внимание географическую специфику России. Поэтому единственной возможностью осуществления мониторинга является наблюдение за такими объектами с воздуха с помощью БПЛА. Для осмотра необходимы БПЛА, несущие аппаратуру цифровой фото- и видеосъемки, что является существенно более эффективным решением с экономической точки зрения. Кроме того, современные достижения таких областей науки, как машинное зрение и фотограмметрия, а также постоянное совершенствование характеристик бортовой фото- и видеоаппаратуры, позволяют говорить о возможности качественного восстановления трехмерных моделей объектов, требующих соответствующего мониторинга.

Основные виды работ, при которых применяются беспилотные авиационные системы на современном этапе их развития:

- плановая диагностика. Представляет собой облет, наблюдение и фотографирование ЛЭП, выявление различных дефектов и нарушений;
- аварийно-восстановительные работы. Это облет ЛЭП при различных метеоусловиях с использованием фотовспышки или тепловизора в ночное время. Тепловизор – это прибор, преобразующий невидимое глазу человека инфракрасное излучение объектов в видимое;
- топографо-геодезические работы. Представляют собой создание цифровых топографических и кадастровых планов, трехмерных моделей

местности и ЛЭП, сопровождение работ по строительству и реконструкции ЛЭП.

Преимуществами использования БАС в сфере энергетики являются:

- оперативность. БАС обеспечивает выигрыш в скорости осмотра, по сравнению с традиционными методами обследования с земли;
- объективность. Снижается роль человеческого фактора, после осмотра остаются документы в виде фото- и видеоматериалов;
- качество. Полученные после обследования материалы имеют высокое разрешение, а также геопривязку;
- безопасность. Использование БАС вместо персонала снижает вероятность несчастных случаев;
- экономия. Для обследования ЛЭП с беспилотником достаточно будет двух человек, которые при необходимости могут обследовать до 200 км ЛЭП в день.

По результатам осмотра ЛЭП с помощью БАС можно получить фото- и видеоматериал высокого разрешения, на которых хорошо различимы опоры, провода, изоляторы, состояние растительности и подстилающей поверхности в охранной зоне трассы ЛЭП.

Материал, полученные в ходе осмотра, позволяет проанализировать различные дефекты, такие как [25]:

- дефекты опор (деформация элементов металлических или железобетонных опор, отклонение опор от вертикали, падение или повреждение опор);
- дефекты проводов (разрушение изоляторов, отсутствие и неправильное расположение соединителей проводов, обрыв проводов);
- дефекты на трассе (наличие опасной для эксплуатации ЛЭП растительности, падение деревьев на провода и опоры, пересечение с природными и антропогенными объектами, проседание грунта или подтопление).

Обнаружение дефектов ЛЭП путем просмотра полученного материала специалистом является трудоемкой задачей, однако для определения большинства из них этот способ является единственным. Для уменьшения объема ручного просмотра материалов, данные, собранные с помощью БАС, могут передаваться в геоинформационную систему (ГИС), в которой объединяются с привязкой к местности в единой базе данных. Так же в ГИС можно проводить качественный анализ местности и осуществлять быстрый доступ к результатам осмотра.

Такая технология разработана ГК «Геоскан» и включает в себя несколько этапов. Для начала БПЛА в автоматическом режиме выполняет аэрофотосъемку воздушных линий электропередач, затем снимки с координатами привязки центров фотографирования загружаются в фотограмметрическое ПО, в котором изображения объединяются в ортофотоплан. А уже полученный ортофотоплан экспортируется в ГИС, где уже происходит анализ полученных данных.

Пример ортофотоплана представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Пример ортофотоплана

Применение БАС в труднодоступных районах и при чрезвычайных ситуациях является одним из лучших средств получения оперативной информации о состоянии ЛЭП. Использование полученных данных

позволяет проводить анализ состояния проводов, опор, просек, а главное принимать правильные управленческие решения, основываясь на точных фактах, а не на субъективном мнении специалиста, проводившего осмотр ЛЭП [29].

В последние годы идет активное внедрение БПЛА в различные сферы производства [30]. Следовательно, появилась необходимость в специалистах по их эксплуатации. В Российской Федерации много организаций, занимающихся разработкой и производством беспилотников. А вот центров подготовки гражданских внешних пилотов, пока считанные единицы. Один из таких центров появился в Иркутском филиале Московского государственного технического университета гражданской авиации. Там проводят курсы повышения квалификации по эксплуатации беспилотных воздушных судов вертолетного типа. На сегодняшний день эти курсы прошли 25 человек, в том числе 14 специалистов из ОАО «ИЭСК».

Особенностью подготовки персонала по эксплуатации и обслуживанию БАС является необходимость совмещения нескольких разноплановых профессиональных компетенций, традиционно связанных с различными профессиями, а также малочисленность бригад, обслуживающих БАС и необходимость обеспечения взаимозаменяемости персонала.

Таким образом, профессиональная подготовка специалистов по эксплуатации БАС должна вестись как на уровне профессионального обучения и среднего профессионального образования, так и на уровне высшего и дополнительного профессионального образования специалистов в сфере гражданской авиации для осуществления совместной работы БАС в едином воздушном пространстве.

2 Применение БАС для решения производственных задач в ОАО «ИЭСК»

2.1 Решение производственных задач с помощью БАС в ОАО «ИЭСК»

В структуру ОАО «ИЭСК» входят 5 филиалов: Западные электрические сети (г. Тулун), Центральные электрические сети (г. Ангарск), Южные электрические сети (г. Иркутск), Северные электрические сети (г. Братск), Восточные электрические сети (г. Иркутск). Общая протяженность обслуживаемых сетей более 39 600 км с напряжением от 0,4 кВ до 500 кВ.

В данной дипломной работе будем рассматривать службу ЛЭП филиала Южные электрические сети (ЮЭС), обслуживающую ЛЭП 110 кВ, 220 кВ, 500 кВ.

Больше года под руководством начальника АСУ А.В. Афанасьева в ЮЭС реализуется проект разработки и внедрения в компании технологии безлюдной диагностики ЛЭП с помощью беспилотных авиационных систем.

Обучение персонала было организовано на базе Иркутского филиала Московского государственного технологического университета гражданской авиации. К настоящему времени группа внешних пилотов завершила программу плановых учебно-тренировочных полетов. На примере реальных объектов сетевой инфраструктуры были отработаны приемы пилотирования в разных погодных условиях и освоены функции камеры и тепловизора, установленных на БПЛА для поиска повреждений.

В ходе выполнения проекта были разработаны инструкции: инструкция по эксплуатации и управлению БПЛА, инструкция по осмотрам ЛЭП, а также завершается разработка инструкции по программированию полета по координатам.

Для решения производственных задач необходимо описать основной элемент системы обслуживания ОАО «ИЭСК». Основным элементом являются воздушные линии электропередач. В тексте дипломной работы под

линией электропередач понимается именно воздушная линия электропередач.

Воздушной линией электропередачи (ЛЭП) называется устройство для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным к опорным конструкциям с помощью изоляторов и арматуры [31].

Широкому распространению воздушных линий способствуют их технические и экономические преимущества:

- незначительность объема земляных работ при постройке;
- простота эксплуатации и ремонта;
- возможность использования опор линий напряжением до 1000 В для подвешивания на них проводов радиосети, местной телефонной связи, наружного освещения, телеуправления, сигнализации;
- сравнительно низкая стоимость сооружения.

По назначению ЛЭП классифицируют на:

- сверхдальние с напряжением 500 кВ и выше, такие ЛЭП предназначены для связи отдельных энергосистем;
- магистральные с напряжением 220 и 330 кВ, такие ЛЭП предназначены для передачи энергии от мощных электростанций, а также для связи энергосистем и объединения электростанций внутри энергосистем;
- распределительные с напряжением 35, 110 и 150 кВ, такие ЛЭП предназначены для электроснабжения предприятий и населенных пунктов крупных районов;
- ЛЭП 20 кВ и ниже, подводят электроэнергию к потребителям.

Основными элементами ЛЭП являются:

- опоры – одно из главных конструктивных элементов ЛЭП, отвечающих за подвеску электрических проводов на определенном уровне;
- провода – необходимы для передачи электрической энергии на различные расстояния;

– линейная арматура – осуществляет функцию крепления и защиты различных элементов ЛЭП;

– изоляторы – применяются для изолирования проводов (токоведущих частей) от опор (непроводящих).

Организационная структура службы линий электропередач представлена на рисунке 8.



Рисунок 8 – Структура службы ЛЭП ЮЭС ОАО «ИЭСК»

В ЮЭС ОАО «ИЭСК» использование квадрокоптеров началось в 2016 году. Сначала квадрокоптеры использовались для составления поопорных схем, затем уже стали использоваться для исследования линий электропередач. Осмотр ЛЭП с помощью беспилотника состоит из трех этапов:

– разведка (поиск дефекта). Выполняется легким недорогим аппаратом, например Phantom 3. В процессе полета квадрокоптер определяет координаты опор и передает картину окружения вблизи трассы ЛЭП.

– локализация дефекта. Для этого нужен тяжелый аппарат с ZOOM камерой, способный максимально приблизиться к месту предполагаемого

дефекта, сфотографировать его с большим увеличением, а также осмотреть другие провода рядом.

– оценка дефекта. Для принятия решения об объемах и сроках ремонта, требуется камера высокого разрешения с зумированием в полете. Нужен тяжелый аппарат, который сможет сохранять неподвижность при ветре. Длительность полета не критична, так как квадрокоптер автоматически прилетает в нужную точку по полученным «разведчиком» координатам. Далее производится детальная оценка повреждения.

Благодаря этим данным можно принять решение о дальнейшем: сроки ремонтных работ, их требуемый объем, а также следует ли заменять провод на опоре или достаточно опустить один конец и сделать бандаж провода.

Одним из достоинств использования БАС является повышение безопасности выполнения основных видов работ. В рамках данной работы это достоинство не рассматривается в качестве показателя эффективности, но планируется к учету при дальнейшем продолжении исследования. Использование БАС позволяет обезопасить работника, отделить его от внешних факторов, уменьшить верхолазные работы. Работник может находиться или на открытой местности и обследовать за несколько километров линии электропередач, или находиться в оборудованном транспортном средстве.

На данный момент для исследования ЛЭП используются Phantom 3Prof, Matrice 100, Inspire-1. Линейка DJI, используемая при исследовании ЛЭП, была выпущена в 2016 году. Достоинства этой линейки состоит в том, что все эти аппараты имеют умеренную цену. У них развитое программное обеспечение с постоянным обновлением, большая дальность передачи качественного видеоизображения (от 2 км до 8 км).

Phantom 3Prof используется для картографирования местности, верхового осмотра ЛЭП и состояния опор, а также для выполнения работ по поиску повреждений. Данный квадрокоптер способен развивать скорость в 60 км/ч и отдаляться от внешнего пилота на расстояние до 2 км без потери

качества передаваемого потокового видео [32]. Максимальная дальность может превышать 5 км. Все зависит от погодных условий, рельефа местности и помех в эфире. Полетное время до 25 минут. Благодаря поддержке GPS и ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система) Phantom 3 определяет свое местоположение с точностью до 1,5 м. Все данные полета записываются в лог, который сохраняется на мобильном устройстве, подключенном к пульту. Примерная стоимость – 150 000 рублей. Phantom 3Prof представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Phantom 3Prof

Matrice 100 применяется при локализации повреждений и предварительной оценке степени повреждения элементов конструкции ЛЭП. Одной из важных особенностей DJI Matrice 100 является наличие специальных отсеков, в которые можно поместить модули расширения [33]. Это могут быть дополнительные камеры, датчики, средства связи, вычислительные устройства и элементы питания. Руководить Matrice 100 можно с расстояния до 2 км. К тому же DJI Matrice 100 совместим с системой визуального распознавания DJI Guidance, позволяющей квадрокоптеру распознавать и огибать препятствия в режиме реального времени при

полетах на высоких скоростях. Дальность передачи видеосигнала до 4 км. Длительность полета до 40 минут (с двумя батареями). Примерная стоимость – 300 000 рублей. Matrice 100 представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Matrice 100

Inspire-1 используется для точной оценки повреждений конструкции ЛЭП. Имеет возможность зависать и неподвижен при ветре. Максимальная скорость полета квадрокоптера в безветренную погоду составляет около 80 км/ч, аппарат способен подниматься на высоту до 4,5 км. Управлять DJI Inspire 1 можно на расстоянии до 2 км [34]. Эта модель может сопротивляться ветру со скоростью не более 10 м/с. Камера оснащена сменными длиннофокусными объективами. Имеется возможность зумирования изображения, фокусировки на деталях непосредственно в полете. Два пульта позволяют разделить функции пилота и оператора камеры. Дальность передачи видеосигнала до 4 км. Длительность полета до 20 минут. Примерная стоимость – 350 000 рублей. Inspire 1 представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Inspire 1

На данный момент из навесного оборудования в ЮЭС ОАО «ИЭСК» используются тепловизор DJI Zenmuse XT и камера Zenmuse X5R. Тепловизор представляет собой камеру, которая распознает инфракрасный спектр. Принцип работы заключается в следующем: инфракрасное излучение преобразуется в электрический сигнал, далее происходит его транслирование на дисплее монитора. Примерная стоимость такого тепловизора 450 000 рублей. Тепловизор DJI Zenmuse XT представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Тепловизор DJI Zenmuse XT

Камера Zenmuse X5R используется для полетных платформ DJI Inspire 1 и DJI Matrix 100. Примерная стоимость такой камеры 270 000 рублей. Камера Zenmuse X5R представлена на рисунке 13.



Рисунок 13 – Камера Zenmuse X5R

Повышение производительности труда во многом зависит от опыта пилотирования – суммарного налета в часах. С учетом специфики Иркутского района осмотры могут быть ускорены в 2-3 раза, а с привлечением программных средств управления – ещё в несколько раз.

В качестве внешних пилотов (операторов) выступают мастер или электромонтер участка, непосредственно занятые профилактикой и ремонтом на районных участках. Простота управления квадрокоптером позволяет это осуществить. Опыт использования показал, что психологическим барьером при формировании готовности использовать квадрокоптер является высокая стоимость оборудования. Желательно чтобы стоимость БПЛА была сопоставима с зарплатой персонала. Целесообразно обеспечивать эксплуатацию беспилотников с высокой стоимостью инженерным или специализированным персоналом, т.е. прошедшим дополнительную профессиональную подготовку или переподготовку.

Предварительная оценка ресурсов ОАО «ИЭСК» позволила выделить направления по созданию необходимых условий и повышению эффективности использования БАС:

1. Формирование необходимых компетенций у специалистов.

Цель этого направления – сформировать психологическую и профессиональную готовность к использованию БАС в профессиональной деятельности.

Формирование необходимых компетенций у специалистов можно условно разбить на теоретическую подготовку и практику.

Содержание необходимых профессиональных компетенций теоретической подготовки соответствует ФГОС специальности 25.02.08 Эксплуатация беспилотных авиационных систем [35].

Минимальная продолжительность практической подготовки, по экспертной оценке полученной организаторами курсов повышения квалификации Иркутского филиала МГТУ ГА от руководителей подразделений организаций использующих БАС А.Ю. Архипенко (Copter38), А.В. Афанасьева (ИЭСК), Р.В. Голубева (ООО «БАС-ТЕХНОЛОГИИ»), И.И. Мерзлякова (Propeller.Video), А.В. Ярославкина (СУ СК России по Иркутской области), составляет около 10 часов самостоятельных полетов. Для снятия психологического барьера, боязни потерять достаточно дорогое оборудование, необходимо около 100 часов практического использования.

2. Разработка инструкций и технического обеспечения на случай нештатных ситуаций.

Кроме инструктивного обеспечения сюда входят мероприятия реализуемые в случае потери беспилотника, т.е. разработка и внедрение поисковых систем в виде маяков и пеленга радиостанциями в том числе, когда отсутствует сотовая связь.

3. Создание собственного программного обеспечения автоматического распознавания элементов ЛЭП по данным фото- и/или видео съемки. Продолжением данного направления является автоматический поиск

возможных дефектов ЛЭП с указанием точных координат и привязкой к ним соответствующего массива данных аэрофотосъемки.

4. Включение данных аэрофотосъемки в существующую информационную систему ОАО ИЭСК с установлением связей данных аэрофотосъемки, ортофотоплана и информационной системы ОАО ИЭСК – формирование геоинформационной системы (ГИС ОАО ИЭСК).

5. Совершенствование программы обеспечения управления полетом.

Совершенствование программы обеспечения управления полетом предполагается по двум направлениям: автоматизация составления полетных заданий в зависимости от вида выполняемой работы и повышение точности позиционирования в пространстве.

Для автоматизации составления полетных заданий требуется предварительное формирование ГИС ОАО ИЭСК.

Повышение точности позиционирования в пространстве основано на использовании наземных контрольно-корректирующих пунктов и совершенствовании алгоритмов обработки принимаемых навигационных данных спутниковых группировок, используемых для позиционирования беспилотников. В настоящее время существует две спутниковые системы: GPS и ГЛОНАСС.

ГЛОНАСС является российским аналогом GPS, так же определяет трехмерные координаты: широту, высоту и долготу по всему миру [36]. Спутники ГЛОНАСС вращаются на высоте 19,1 тыс. км над Землей. Система использует два типа навигационных сигналов: открытые с обычной точностью и защищенные с повышенной точностью.

Система GPS состоит из искусственных спутников, которые вращаются на средней орбите Земли и наземных станций мониторинга, объединенных в общую сеть [37]. Спутники непрерывно передают навигационный сигнал, включающий «псевдослучайный код», данные эфемерид (прогнозируемые координаты и параметры движения спутника на определенный момент времени) и альманаха (данные для вычисления приблизительного

местоположения спутника). Этот сигнал принимают GPS-устройства, которые на основании полученных сведений вычисляют свою геопозицию.

Так как погрешность может постичь обе спутниковые системы, производители стараются оснастить свои устройства двухсистемной навигацией, принимающей сигналы и GPS, и ГЛОНАСС.

Ранее точность сигнала, которая использовалась для гражданских целей, искусственно снижалась. Также некоторую погрешность вносит ионосфера (верхняя часть атмосферы, насыщенная ионами и свободными электронами). Точность сигнала зависит от количества "видимых" спутников.

Значение описанного выше имеет исключительную важность, когда необходимо обеспечить достаточно точный полет по узким просекам или полет в автоматическом режиме по точкам полетного задания.

2.2 Определение параметров, влияющих на экономическую эффективность применения БАС в ОАО «ИЭСК»

Для определения параметров, влияющих на экономическую эффективность применения БАС, воспользуемся сравнительным анализом по основным видам выполняемых работ.

Основные виды работ, выполняемых службой ЛЭП ЮЭС:

– Плановые осмотры ЛЭП 110, 220, 500, оценка природных и техногенных угроз, проверка состояния проводов.

Плановые осмотры ЛЭП проводятся с целью наблюдения за состоянием линии, а также ее трассы для выявления неисправностей, которые могут быть обнаружены при осмотре линии с земли. Периодичность осмотров должна быть не реже одного раза в полгода. Обходы ЛЭП осуществляет электромонтер. Кроме того, один раз в год проводится осмотр линий инженерно-техническим персоналом с целью определения объема ремонтных работ, проверки общего состояния ЛЭП и проверки качества работы электромонтеров. Во время обхода электромонтер двигается вдоль

оси линии и внимательно осматривает все элементы ЛЭП и определяет состояние трассы. После окончания обхода ЛЭП электромонтер заполняет лист осмотра, куда заносит все выявленные дефекты и неисправности. В случае выявления дефектов аварийного характера, электромонтер сообщает об этом диспетчеру ЛЭП. Листок осмотра сдается мастеру, который своей подписью удостоверяет взятие на учет обнаруженных дефектов. На основании этого составляется план работы. Но при осмотре с земли не удастся проверить состояние верхней части опоры, поэтому не реже одного раза в шесть лет проводится верховой осмотр линий.

Плановые осмотры с БПЛА проводятся с помощью Matrice 100. Плановый осмотр организуется по распоряжению начальника службы мастером участка. Осмотр производится в светлое время суток при благоприятных погодных условиях, а именно скорости ветра не более 10м/с и отсутствии дождя. Мастер участка по согласованию со службой ЛЭП задает зону осмотра персоналу, подтверждает маршрут полета БПЛА, точек взлета и порядок фиксации фото- и видеоизображения. Использование либо ручного управления, либо автоматического полета по координатам с использованием специальных программ. Осмотры производятся с использованием автомобильной и специальной техники для доставки аппаратуры и БПЛА в точку взлета. В сложных условиях горной местности или неблагоприятных погодных условиях осмотры рекомендуется выполнять составом не менее двух работников, один назначается наблюдателем за БПЛА, а второй – оператором БПЛА. О результатах осмотра, выявленных дефектах, персонал службы ЛЭП, выполняющий осмотр, сообщает мастеру, а также заполняет листок осмотра ЛЭП с предоставлением фото- и видеоматериалов, которые передают мастеру, ответственному за эксплуатацию и ремонт данной ЛЭП для оценки и организации ремонта.

– Неплановые и аварийные осмотры ЛЭП 110, 220, 500 (локализация, оценка и планирование работ), послеаварийный осмотр.

Неплановые (аварийные) осмотры ЛЭП производят при возникновении условий, которые могут вызвать повреждения линий, а также после автоматических отключений.

К условиям, вызывающим повреждения, относятся: гололедно-изморозевые отложения, интенсивный туман, мокрый снег, пожары на трассе ЛЭП, сильные ветер и морозы, вскрытие рек.

Все вышеперечисленные условия могут привести к серьезным последствиям, поэтому необходимо своевременно предпринять соответствующие меры для их избежания.

Целью внеплановых осмотров после автоматического отключения линии является определение места и причины ее отключения, необходимости ремонтных работ, а также их объема. Проведение внеплановых (аварийных) осмотров аналогично плановым осмотрам.

Для внепланового (аварийного) осмотра требуются три квадрокоптера: Phantom 3, Matrice 100 и Inspire 1. И осуществляются они следующим образом: два квадрокоптера осуществляют поиск в разных направлениях, а третий используется для детального обследования места повреждения и маршрута подхода.

– Проверка состояния переходов ЛЭП 110, 220, 500 через водные преграды, а также оценка провисания проводов до поверхности земли и различных объектов до пересекаемых сооружений.

В целях выявления и своевременного устранения возникающих на переходе дефектов производятся периодические осмотры без подъема на опору – раз в полгода, внеочередной осмотр – во время ледохода, разлива, пожаров, верховой осмотр – раз в 3 года. Проверка выполняется визуально во время осмотров с использованием лодок и катеров при необходимости. Данные о дефектах, обнаруженных при осмотрах и проверках, вносятся в листки осмотра, откуда переносятся в журнал неисправностей, где устанавливаются сроки и способы ликвидации дефектов, а после их устранения – дата устранения.

Выполнение этих работ с помощью БПЛА осуществляется Phantom 3 и Matrice 100. При этом необходимость в дополнительном транспорте как лодка или катер отпадает.

– Верховой осмотр с проверкой антикоррозионного покрытия опор, состояние изоляторов ЛЭП 110, 220, 500.

У металлических и железобетонных опор необходимо проверять состояние антикоррозийного покрытия и степень поражения элементов опор коррозией в местах нарушения этого покрытия. Особое внимание уделяется осмотру железобетонной стойки опоры, в которой не должно быть трещин и других повреждений бетона. Трещины способствуют коррозии арматуры и, следовательно, уменьшению прочности опоры.

При данном верховом осмотре целесообразно использовать БПЛА для малых расстояний используется Phantom 3, для больших расстояний – Matrice 100.

– Тепловизионное обследование контактных соединений проводов.

Для осмотра ЛЭП устанавливается тепловизор DJI Zenmuse XT на Inspire 1. Осмотр проводится в предрассветные или вечерние часы, так как в дневное время могут помешать солнечные блики от блестящих поверхностей. При анализе результатов обследования осуществляется оценка выявленного дефекта и прогнозирование возможностей его развития и сроков восстановления.

– Построение поопорных схем с привязкой к карте.

Поопорная схема – это условное графическое изображение на чертеже составных частей электроустановки. Она является основным документом, на основании которого выписывается наряд на производство работ. В связи с этим поопорные схемы должны обязательно соответствовать действительности, быть наглядными и удобными для пользования. Поопорную схему составляет персонал службы, подписывает инженер, утверждает начальник службы. Все выполняемые в процессе эксплуатации изменения в электрических сетях должны вноситься в схемы немедленно.

Поопорные схемы выполняются электромонтером по эскизированию трасс ЛЭП. Пример поопорной схемы представлен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Поопорная схема

С помощью БПЛА работа выполняется Matrice 100. Затем координаты опор переносятся на географические карты в существующий функционал и базы данных филиала ЮЭС ОАО «ИЭСК».

Внешними пилотами при вышеперечисленных работах являются старший мастер, мастер и электромонтер участка.

Теперь рассмотрим основные должностные инструкции персонала службы ЛЭП.

Начальник службы ЛЭП отвечает за организацию выполнения плановых работ, за требование охраны труда при работах на электросетевых объектах и за контроль оснащения ремонтных бригад необходимым для проведения ремонтных работ на ЛЭП.

Ведущий инженер занимается обеспечением надежной работы ЛЭП, составлением и организацией выполнения плановых работ, разработкой мероприятий по повышению надежности электроснабжения потребителей, контролем строительного-монтажных работ, обеспечением комплектования

аварийных запасов, техническим обслуживанием существующих ЛЭП, а также расследованием причин несчастных случаев.

Инженер организует работы по обслуживанию ЛЭП, контролирует выполнение строительно-монтажных работ, отвечает за обслуживание ЛЭП и за обеспечение комплектования аварийных запасов.

Техник составляет годовые и текущие заявки на материалы и оборудование для ремонтных работ, каждый месяц предоставляет табель отработанного времени, заявки на выдачу денег на командировочные и хозяйственные расходы, выполняет комплекс работ с электронными документами.

Мастер осуществляет ремонт ЛЭП, надзор за качеством выполняемых работ, подготавливает графики осмотров, отвечает за дефектовку оборудования по результатам осмотров, участвует в работе комиссий по приемке в эксплуатацию новых ЛЭП и вводимых после ремонта.

Старший мастер, помимо вышеперечисленных обязанностей, несет материальную ответственность, проводит техническую учебу персонала на участках, осуществляет техническое обслуживание и ремонтирует автотракторную технику.

Электромонтер осуществляет ремонт, монтаж и демонтаж ЛЭП с применением специальных механизмов и машин, выполняет по чертежам и эскизам сложные работы по разработке, сборке, регулировке и испытаниям ремонтируемых конструкций, отвечает за обеспечение мероприятий по безопасности производства работ, за техобслуживание ЛЭП. Осуществляет обходы ЛЭП в труднодоступных местах, работы на линиях без снятия напряжения с подъемом до верха опоры или с разборкой ее конструктивных элементов. Работы с прикосновением к проводам, находящимся под напряжением. Руководство работами по расчистке трасс.

Электрогазосварщик выполняет работы с применением электрогазосварочных работ в мастерских, а так же на электроустановках.

Электромонтер по эскизированию трасс по ЛЭП составляет эскизы планов трасс ЛЭП, паспортные данные, наносит нумерации опор на схемах, а также распределительных пунктов и трансформаторных подстанций.

Основными базами ЮЭС ОАО «ИЭСК» являются:

– Выдрино – село в Бурятии. Удаленность от Иркутска 186 км, численность населения 4300 человек;

– Листвянка – поселок городского типа в Иркутском районе. Удаленность от Иркутска 70 км, численность населения 1972 человек;

– Большие Коты – поселок в Иркутском районе. Удаленность от Иркутска 82 км, численность населения 56 человек;

– Баклаши – село в Шелеховском районе Иркутской области. Удаленность 25 км, численность населения 4000 человек;

– Мурино – поселок в Слюдянском районе Иркутской области. Удаленность от Иркутска 170 км, численность населения 160 человек.

ЮЭС ОАО «ИЭСК» использует для работы следующие транспортные средства:

– Урал 4320 (грузовая бортовая). Представляет собой полноприводный грузовой автомобиль с колесной формулой 6 на 6. Главное преимущество – проходимость. Для Урала 4320 не страшны заболоченные участки, рвы, подъемы и канавы. Такой автомобиль в зимний и весенний период незаменим. Урал 4320 представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Урал 4320

– ЗИЛ 131 (грузовой фургон). Можно использовать на любых дорогах и при температуре от -40 до +50 градусов. ЗИЛ 131 представлен на рисунке 16.



Рисунок 16 – ЗИЛ 131

– УАЗ 22069 (микроавтобус). Предназначен для перевозки пассажиров по всем видам дорог и бездорожью. УАЗ 22069 представлен на рисунке 17.



Рисунок 17 – УАЗ 22069

– ГТ-Т (гусеничный транспорт). Предназначен для транспортировки людей и грузов в условиях бездорожья, снежных заносов, местности с наличием глубоких водных преград и мелкой растительности. Вездеход может эксплуатироваться в зимнее время при экстремальных температурах. ГТ-Т представлен на рисунке 18.



Рисунок 18 – ГТ-Т

– ГАЗ 71 (гусеничный транспорт). Преодолевает бездорожье и водные преграды. ГАЗ 71 представлен на рисунке 19.



Рисунок 19 – ГАЗ 71

– ТТ-4М (трактор). Предназначен для использования в качестве тягово-транспортно-энергетического шасси машин разнообразного назначения, в условиях бездорожья и пересеченной местности. ТТ-4М представлен на рисунке 20.



Рисунок 20 – ТТ-4М

– Буран АД (снегоход). Может без проблем передвигаться по глубокому снегу, по склонам и уклонным поверхностям. Основным предназначением является буксировка различных грузов и использование в качестве компактного тягача. Буран АД представлен на рисунке 21.



Рисунок 21 – Буран АД

– УАЗ Хантер. Внедорожник для эксплуатации на дорогах всех категорий, а также по пересеченной местности. УАЗ Хантер представлен на рисунке 22.



Рисунок 22 – УАЗ Хантер

– Т-130Б – гусеничный, болотоходный трактор необходим для выполнения работ на заболоченных и переувлажненных грунтах. Т-130Б представлен на рисунке 23.



Рисунок 23 – Т-130Б

При использовании БПЛА значительно сокращается время использования транспорта, необходимость в некоторых видах специализированного транспорта отпадает совсем. Учитывая нормы расхода топлива указанных транспортных средств это существенно снижает затраты на перечисленные выше виды производственных работ.

2.3 Методика расчета экономической эффективности БАС в ОАО «ИЭСК»

Методика расчета экономической эффективности применения БАС, основана на сравнении суммарной величины затрат по основным видам выполняемых работ.

Общую схему расчета суммарной величины затрат (стоимость работ) можно представить следующим образом:

Стоимость работы с БПЛА = стоимость работы персонала + транспортные расходы + стоимость работы беспилотника.

Стоимость работы без БПЛА = стоимость работы персонала + транспортные расходы.

Для того чтобы рассчитать стоимость работ с БПЛА и без, необходимо произвести расчет таких параметров, как стоимость работы персонала, транспортные расходы, стоимость работы квадрокоптера (беспилотника).

Введем следующие обозначения:

СРП – стоимость работы персонала

ТР – транспортные расходы

ТР_б – транспортные расходы с применением БПЛА

СР_б – стоимость работы БПЛА

АР_б – амортизационные расходы БПЛА

Рассмотрим составляющие этих параметров.

– Стоимость работы персонала:

$$СРП = ВР_{п} * ЧС_{п}, \quad (2.1)$$

где ВР_п – время работы персонала (час);

ЧС_п – часовая ставка персонала (рублей в час).

Итоговые данные о заработной плате и часовой ставке персонала ЮЭС ОАО «ИЭСК» предоставлены экономическим отделом организации.

– Транспортные расходы

Основные транспортные расходы – это расходы на топливо. Так же учитывается стоимость владения транспортным средством.

Расчет стоимости владения транспортным средством обновляется ежегодно и действует в период с 1 марта текущего календарного года до 28 (29) февраля следующего. Расчет производится на 1 километр пробега по данным среднего годового пробега за прошедший календарный год и затратам, включающим в себя: стоимость хранения транспортного средства (электроэнергия, коммунальные платежи, охрана), стоимость транспортного обеспечения в год (с расходными материалами), затраты на запчасти, налоги и сборы.

Как правило, когда используется БПЛА, необходим только один транспорт, когда без использования – два.

Расход топлива учитываем в зависимости от времени года (летний и зимний). Вид используемого топлива у каждого транспортного средства свой (А80, А92, дизельный).

Для того, чтобы рассчитать транспортные расходы с применением БПЛА, необходимо учесть стоимость топлива, расход топлива (в зависимости от времени года), расстояние до места проведения работ, а также стоимость владения транспортом.

В случае, когда БПЛА не применяются, используется два вида транспортных средств. Поэтому для начала рассчитываются транспортные расходы для первого транспорта, а именно стоимость топлива, расход топлива, расстояние, которое проедет первый транспорт, и стоимость владения этим транспортным средством. Тоже самое рассчитывается и для второго транспорта. А после транспортные расходы, полученные и для первого и для второго транспортного средства, суммируются.

Ниже представлены формулы для расчета.

$$TR_6 = C_T * P_T / 100 * П + П * СВ , \quad (2.2)$$

где C_T – стоимость топлива (руб);
 P_T – расход топлива (литров на 100 км);
 Π – расстояние (км);
 CB – стоимость владения транспортным средством (рублей на 1 км).

$$TP = (C_{T1} * P_{T1} * \Pi_1 + \Pi_1 * CB_1) + (C_{T2} * P_{T2} * \Pi_2 + \Pi_2 * CB_2) \quad (2.3)$$

– Расходы связанные напрямую с квадрокоптером

$$CP_B = BP_6 * CЧP_6, \quad (2.4)$$

где BP_6 – время работы БПЛА (час);
 $CЧP_6$ – стоимость часа работы БПЛА с учетом амортизационных расходов (рублей).

Стоимость часа работы квадрокоптера определяется по полной стоимости владения и прогнозируемой продолжительности его использования. Существенную роль в определении стоимости часа работы играют расчетные параметры эксплуатации.

Полная стоимость владения квадрокоптером представляет собой сумму расходов, которые понесет организация от момента приобретения/покупки в кредит/лизинга/аренды до момента прогнозируемого срока списания.

В расходы включаются стоимость приобретения/покупки в кредит/лизинга/аренды, страховка, расходы на эксплуатацию (затраты на компоненты с малым нормативным сроком эксплуатации, на техническое обслуживание, ремонт, дополнительное оборудование, дополнительное программное обеспечение).

В созданном программном средстве на базе MS Access использованы расчетные почасовые данные полученные по упрощенной модели в виду

отсутствия необходимой базы данных и малого срока практического использования квадрокоптеров в профессиональной деятельности. В дальнейшем использование разработанного программного средства и ведение предложенных форм документации позволит уточнить стоимость часа использования применяемого квадрокоптера.

По экспертной оценке А.Ю. Архипенко (Copter38) и А.В. Афанасьева (ИЭСК) эксплуатационный срок службы квадрокоптеров указанных моделей составляет около 1800 - 2000 часов, аккумуляторов в зависимости от модели 25-40 часов, лопасти и защита в среднем 10 и 30 часов, двигатели в зависимости от модели от 150 до 300 часов, навесное оборудование 3000 часов.

Виды работ и какие квадрокоптеры используются:

- плановый осмотр – Matrice 100;
- аварийный осмотр – Phantom 3, Matrice 100, Inspire 1.
- проверка состояния переходов – Phantom 3, Matrice 100.
- проверка антикоррозийного покрытия – Phantom 3 или Matrice 100.
- тепловизионное обследование – Inspire 1, тепловизор Zenmuse XT.
- построение поопорных схем – Matrice 100.
- Амортизационные расходы

Основные амортизационные расходы приходятся на аккумуляторы, лопасти/пропеллеры, защиту пропеллеров, двигатели.

Для расчета основных амортизационных расходов, эксплуатационный срок службы квадрокоптера (2000 часов) делим на усредненный срок службы элементов квадрокоптера: аккумулятора, лопастей, защиты лопастей, двигателей. Тем самым получая количество этих элементов, используемых за весь эксплуатационный срок службы квадрокоптера.

Примерная стоимость часа работы квадрокоптера определяется отношением суммарной стоимости с учетом амортизационных расходов на эксплуатационный срок службы квадрокоптера. В стоимость

амортизационных расходов входят: затраты на аккумуляторы, лопасти, защиты лопастей, двигатели.

Формулы для расчета амортизационных расходов представлены ниже:

$$СЧР_{\bar{6}} = СС_{AP} / ЭС_{\bar{6}}, \quad (2.5)$$

где $СС_{AP}$ – суммарная стоимость с учетом амортизационных расходов (руб);

$ЭС_{\bar{6}}$ – эксплуатационный срок службы беспилотника (часов).

$$СС_{AP} = СС_a + СС_l + СС_з + СС_d, \quad (2.6)$$

где $СС_a$ – суммарная стоимость аккумуляторов (руб);

$СС_l$ – суммарная стоимость лопастей (руб);

$СС_з$ – суммарная стоимость защиты лопастей (руб);

$СС_d$ – суммарная стоимость двигателей (руб).

$$СС_a = ЭС_{\bar{6}} / ЭС_a * С_{T_a}, \quad (2.7)$$

где $ЭС_a$ – эксплуатационный срок службы аккумуляторов (часов);

$С_{T_a}$ – стоимость аккумуляторов (руб).

По этой же формуле рассчитываем суммарную стоимость лопастей, защиты лопастей и двигателей.

Стоимость часа работы тепловизора и камеры рассчитывается по следующей формуле:

$$СЧР_T = С_{T_T} / ЭС_T, \quad (2.8)$$

где $СЧР_T$ – стоимость часа работы тепловизора (руб);

$С_{T_T}$ – стоимость тепловизора (руб);

$ЭС_T$ – эксплуатационный срок тепловизора (часов).

По этой же формуле рассчитывается стоимость часа работы камеры.

Точность примерной стоимости достаточна для решения производственных задач и задач дипломной работы несмотря на то, что расчет выполняется по данным соответствующим первому полугодью 2018 года, без учета ежегодной переоценки, за малый промежуток времени производственной эксплуатации.

– Дополнительные расходы:

Обучение персонала осуществляется Иркутским филиалом МГТУ ГА, на данный момент стоимость курсов повышения квалификации по теме «Эксплуатация беспилотных воздушных судов вертолетного типа» составляет 10 000 рублей (72 часа) за одного слушателя. Ввиду того, что годовой фонд рабочего времени составляет 1770 часов, а оценить время эксплуатации беспилотников обученным специалистом на текущем этапе реализации проекта невозможно, дополнительными расходами можно пренебречь.

3 Разработка информационной системы для принятия управленческих решений для ОАО «ИЭСК»

3.1 Направления модернизации информационной системы ОАО «ИЭСК»

Существующая информационная система ОАО "ИЭСК" представляет собой базу данных, в основу которой положен редактор топологии электрических сетей. Эта иерархическая база данных, которая охватывает все: от подстанций до ЛЭП и трансформаторных подстанций.

Данные базы данных имеют представление как в виде таблиц по уровням детализации, как в виде графических обычных схем, так и в виде расположения этих объектов на карте. Связь элементов базы данных представлена на рисунке 24.

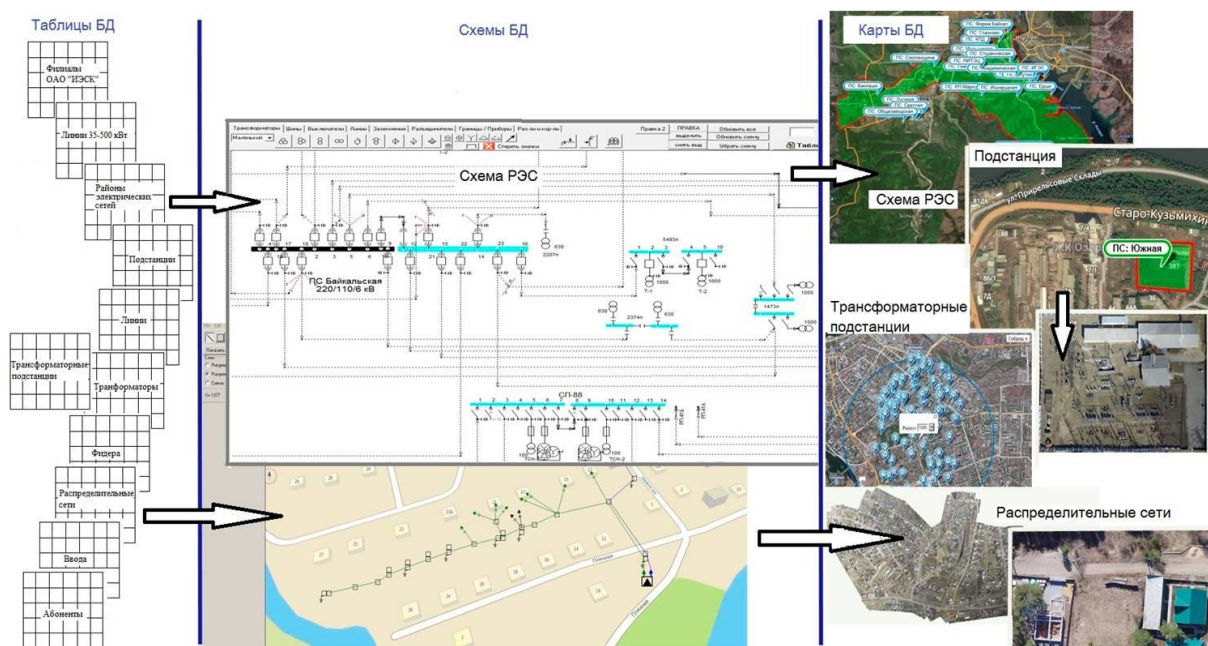


Рисунок 24 – Связь элементов информационной системы ОАО «ИЭСК»

Пример интерфейса информационной системы ОАО «ИЭСК» представлен на рисунке на 25.



Рисунок 27 – Построение попорных схем

После построения попорных схем, вносятся точные географические координаты опор в базу данных. Занесение географических координат в базы данных представлен на рисунке 28.



Рисунок 28 – Занесение географических координат в базы данных

Всё это необходимо для построения так называемых распределительных сетей. Для этого были отсняты несколько районов населенных пунктов таким образом, что, получая набор из 300-600 фотографий, можно создать карту с большой детализацией. А так как каждая фотография имеет координату центра, на такой схеме или на такой карте

имеется массив координат широты и долготы. То есть располагая объекты на карте, автоматически в базе данных, сохраняется не только объект, но и его координаты.

Направления модернизации связаны с решением следующих задач:

– Создание собственного программного обеспечения автоматического распознавания элементов ЛЭП по данным фото или видео съемки. Продолжением данного направления является автоматический поиск возможных дефектов ЛЭП с указанием точных координат и привязкой к ним соответствующего массива данных аэрофотосъемки.

– Включение данных аэрофотосъемки в существующую информационную систему ОАО ИЭСК с установлением связей данных аэрофотосъемки, ортофотоплана и информационной системы ОАО ИЭСК – формирование геоинформационной системы (ГИС ОАО ИЭСК).

Важным для решения указанных задач является создание базы данных для обработки и хранения информации, которая будет получена беспилотником (аэрофотосъемки). Желательно получать набор координат и набор высот, которые можно заносить напрямую в базу данных. Так же точки старта, фото и видео объектов и окружающей среды относительно этих объектов. При этом автоматически формировать стандартные бланки осмотров, но уже привязанные к географическим координатам – стандартный банк с фотографией и географическим координатами, где обнаружены дефекты или что-то определено.

В дальнейшем на основе собранной информации предполагается разрабатывать обратную связь. Речь идет о расчете маршрута полета по полученным координатам. Зная обстановку по ЛЭП, координаты опор, положение солнца в определенное время и так далее, можно рассчитать направление полета, маршрут полета и то, какое положение будет занимать квадрокоптер относительно ЛЭП.

Так же в дальнейшем в Южном филиале планируется разработать интеллектуальные системы, основанные на распознавании образов. Задача

состоит в том, чтобы распознать образ опоры, так как она представляет собой достаточно простую геометрическую фигуру.

Если в базе данных отражать паспортные данные опор, их типы, геометрию, то можно легко распознать образ опоры и ее модель. Останется только сделать захват опоры и рассчитать маршрут полета.

Используемые программы полетов условно можно разделить на "ручные"; программы по заданной траектории полета; программы полета по точкам с координатами; программы облета объекта по заданному радиусу и программы полета по заданному направлению с заданной скоростью.

3.2 Разработка информационной системы для принятия управленческих решений для ОАО «ИЭСК»

Для принятия решения о целесообразности применения БПЛА используется оценка двух ресурсов: финансового и временного. Для определения финансовых затрат воспользуемся следующими основными показателями: затраты на работу персонала, транспортные затраты, затраты на оборудование и на программное обеспечение.

Для выполнения каждого вида работ ЮЭС используются в основном два вида транспорта и три специалиста. Виды работ подробнее описаны в пункте 2.2.

Для принятия решения о целесообразности использования беспилотников и уточнения расчетных оценок необходимо программное средство удовлетворяющее следующим условиям:

- получение значений финансовых затрат с использованием и без использования беспилотников при выполнении определенного вида работы;
- возможность использования без связи с существующей информационной системой;
- позволяет производить накопление и обработку данных связанных с выполняемыми видами работ;

- простой импорт и экспорт данных;
- нетребовательность к аппаратному обеспечению;
- интуитивно понятный интерфейс;
- простота изменения структуры данных при доработке средства.

В качестве инструмента для реализации программного средства был выбран Microsoft Office Access 2007.

Microsoft Access – это система управления базами данных (СУБД), то есть комплекс программ, предназначенный для хранения больших массивов данных в определенном формате (формате таблицы) и их автоматизированной обработки, например какие-либо расчеты. С помощью Access можно разрабатывать удобные формы ввода и просмотра данных, составлять сложные отчеты [40].

Access объединяет сведения из разных источников в одной реляционной базе данных. Создаваемые в нем формы, запросы, осуществлять поиск нужных данных, анализировать данные, печатать отчеты, диаграммы.

В СУБД Access предусмотрены следующие дополнительные сервисные возможности:

- мастера – специальная программа, помогающая в решении какой-то задачи или создании объекта определенного типа;
- шаблоны – заготовка базы данных конкретного типа;
- выражения – используются для создания сложных математических и логических формул и выражений как для проверки различных условий, так и для выполнения вычислительных операций.

Базы данных могут содержать: таблицы, отчеты, запросы, формы и объекты. Все они в Access хранятся в одном файле. Основным структурным компонентом БД является таблица. Каждая запись таблицы содержит всю необходимую информацию об отдельном элементе базы данных.

Система управления базами данных MS Access имеет простой и понятный интерфейс. Работать с СУБД можно не имея никаких особых навыков. Система имеет практически безграничные возможности экспорта

данных. СУБД MS Access обладает широким выбором конструкторов для построения отчетов, форм и запросов. С их помощью можно фильтровать нужные данные и выводить их в удобном формате. Система управления базами данных Microsoft Access предоставляет возможность создания пароля к своей базе данных. Также СУБД поддерживает встроенный язык VBA высокого уровня и имеет возможность записи макросов.

В отношении защиты информации и разграничения доступа Access не имеет надежных стандартных средств. В стандартные способы защиты входит защита с использованием пароля БД и защита с использованием пароля пользователя. Снятие такой защиты не представляет сложности для специалиста.

Access – это приложение, предлагающее широкий диапазон средств для эффективного управления информацией. Access позволяет быстро начать работу со встроенными базами данных, чтобы внести в них изменения и адаптировать эти базы к меняющимся деловым потребностям пользователя. Пользователь может собирать данные с помощью форм электронной почты или импортировать данные из внешних приложений. Возможность создания и редактирования подробных отчетов, содержащих отсортированные, отфильтрованные и сгруппированные данные, которые позволяют принимать более обоснованные решения.

В первую очередь для создания базы данных необходимо составить наглядную схему бизнес-процесса ЮЭС ОАО «ИЭСК», с помощью UML. UML – это язык графического описания объектного моделирования в области разработки программного обеспечения, моделирования бизнес-процессов, системного проектирования и отображения организационных структур.

Выбор выполнять работу с применением БПЛА или нет, представлен на рисунке 29. Сначала нужно определить условия работы, а именно: отсутствуют осадки (дождь, снег) и температура не ниже -40 градусов. Если данные условия выполняются, то можно выполнять работы с применением БПЛА. Затем проводятся расчеты стоимости выполнения работы с БПЛА и

без, далее полученные результаты сравниваются. Если стоимость работы с БПЛА меньше, чем без БПЛА, то работы выполняются с применением БПЛА.

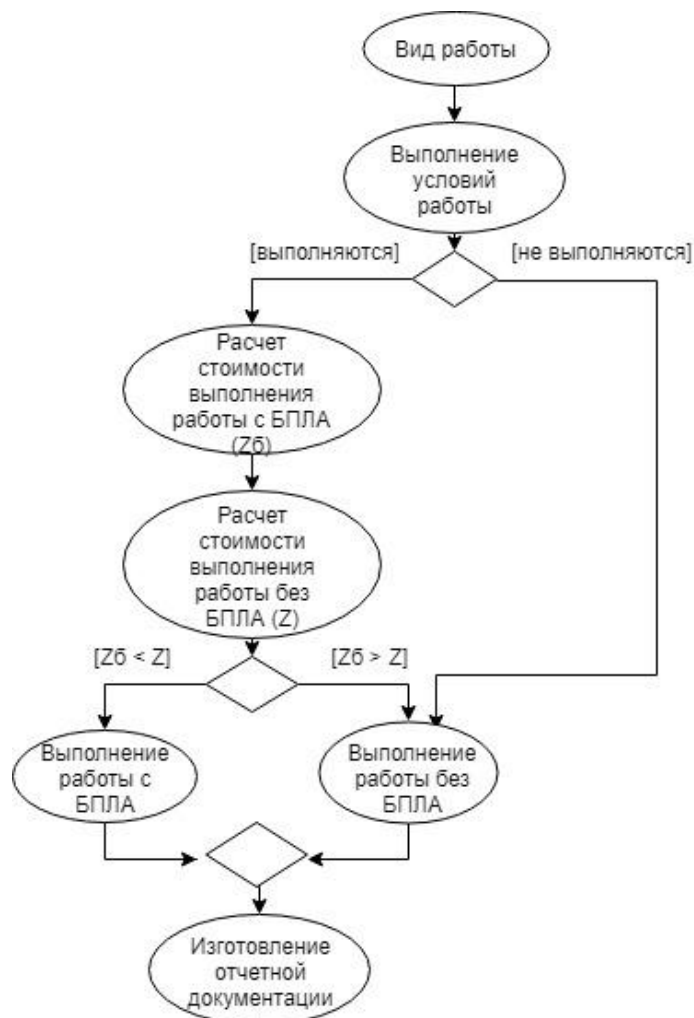


Рисунок 29 – Выбор метода выполнения работы

На рисунке 30 представлена схема выполнения плановых осмотров «традиционным» методом, а именно без БПЛА. Плановые осмотры осуществляются как с земли, так и с помощью верхового осмотра. Для проведения верхового осмотра необходимо получить допуск к работе и подготовить необходимое оборудование. После осмотра необходимо заполнить лист осмотра, и передать результаты мастеру. Дальше уже происходит оценка результатов и составление планов ремонтных работ.

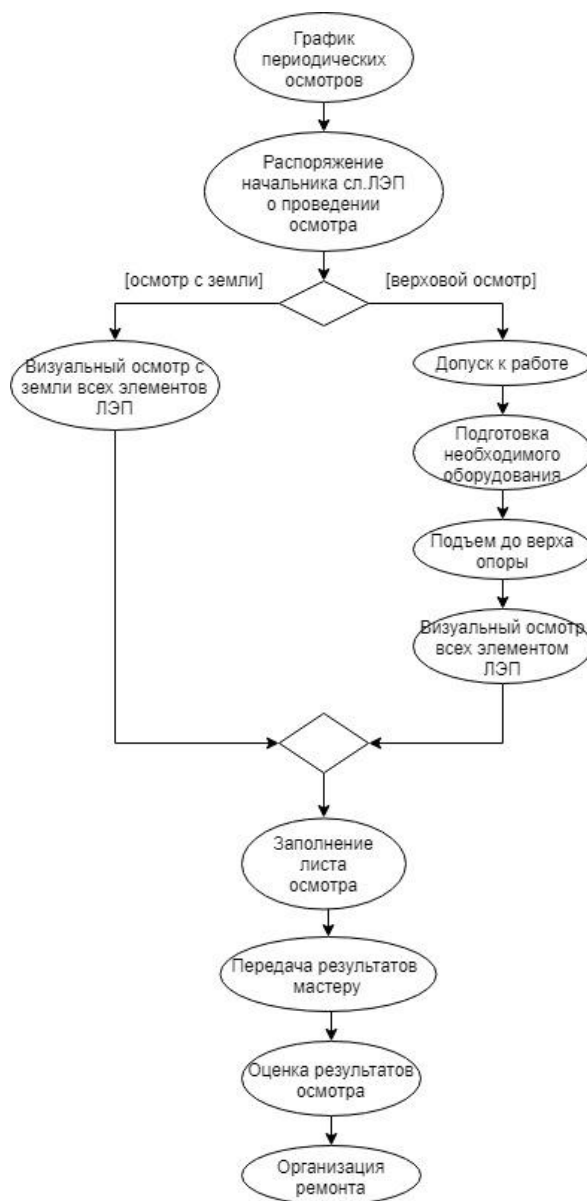


Рисунок 30 – Проведение планового осмотра без БПЛА

На рисунке 31 представлен ход выполнения работы с применением БПЛА. После распоряжения начальника службы ЛЭП о проведении осмотра, необходимо подготовить оборудование БПЛА перед осмотром. Взлет и возврат БПЛА может выполнять как в ручном режиме, так и в автоматическом. Мониторинг ЛЭП проводится по маршруту заданному мастером. После осмотра необходимо скопировать все фото и видеоматериалы на рабочий ноутбук, заполнить лист осмотра. Далее передать полученные результаты для дальнейшей оценки и организации осмотра.

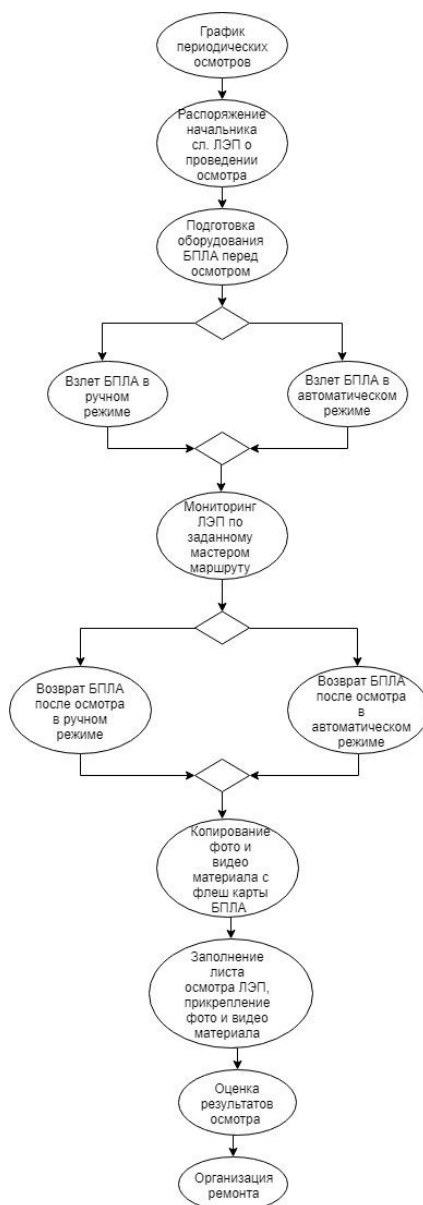


Рисунок 31 – Выполнение работы с применением БПЛА

Затем определяемся с таблицами, которые необходимо создать, в соответствии с параметрами для расчета экономической эффективности.

Параметры для расчета в данной работе следующие:

- стоимость работы персонала;
- транспортные расходы;
- расходы, связанные напрямую с квадрокоптером;
- амортизационные расходы.

В соответствии с данными параметрами будем создавать таблицы: «Квадрокоптер», «Специалисты», «Транспорт», «Навесное оборудование», «Место выполнения».

Для создания таблиц в MS Access 2007 нужно перейти на вкладку «Создание» и щелкнуть по иконке «Таблица». В результате перед нами появится визуальное представление таблицы. Далее заполняем таблицу необходимой информацией.

Таблица «Виды работ» содержит в себе наименование вида работы и какие квадрокоптеры для какого вида работ используются. Данная таблица представлена на рисунке 32.

Виды работ		
Код	Наименование	Квадрокоптер
1	Плановый осмотр	Matrice 100
2	Аварийный осмотр	Phantom 3; Matrice 100; Inspire 1
3	Проверка состояния переходов через водные преграды	Phantom 3; Matrice 100
4	Тепловизионное обследование	Inspire 1
5	Построение поопорных схем	Matrice 100
6	Проверка антикоррозионного покрытия	Phantom 3; Matrice 100
7	Оценка растительности на просеках	Phantom 3; Matrice 100
8	Картографирование	Phantom 3; Matrice 100; Inspire 1
9	Трансляция аварийно-восстановительных работ	Inspire 1
*	(№)	

Рисунок 32 – Таблица «Виды работ»

В таблице «Квадрокоптер» указаны продолжительность полета, дальность передачи видеосигнала, стоимость квадрокоптера и стоимость его часа работы, а так же погодные условия, при которых работа с квадрокоптером невозможна. Данная таблица представлена на рисунке 33.

Квадрокоптер								
Ко	Наименова	Продолжите	Дальност	Скорость в	Температу	Осадки	Стоимость	
1	Phantom 3	25	2	10	-40	нет	150 000,00	₽
2	Matrice 100	40	4	10	-40	нет	300 000,00	₽
3	Inspire 1	20	4	10	-40	нет	350 000,00	₽
*	(№)							

Рисунок 33 – Таблица «Квадрокоптер»

В таблице «Навесное оборудование» указаны стоимость тепловизора и камеры. Данная таблица представлена на рисунке 34.

Навесное оборудование		
Код	Наименование	Стоимость
1	Тепловизор DJI Zenmuse XT	380 000,00 Р
2	Камера Zenmuse X5R	270 000,00 Р
*	(№)	

Рисунок 34 – Таблица «Навесное оборудование»

В таблице «Специалисты» указана часовая ставка каждого специалиста службы ЛЭП. Данная таблица представлена на рисунке 35.

Специалисты		
Код	Должность	Часовая ставка
+	1 Старший мастер	360,00 Р
+	2 Мастер	321,00 Р
+	3 Электромонтер	228,00 Р
+	4 Эскизироващик	145,00 Р
+	5 Водитель	182,00 Р
+	6 Инженер	320,00 Р
*	(№)	

Рисунок 35 – Таблица «Специалисты»

В таблице «Транспорт» указаны марка транспортного средства, государственный номер, тип, вид топлива, расход топлива (летний и зимний), место базирования транспорта, а так же стоимость топлива. Данная таблица представлена на рисунке 36.

Код	Марка ма	Новый г	Тип транспор	Вид топли	Норма	Норм	Место базир	Стоимость
1	УРАЛ 4320	A 408 CA	грузовая бортов	дизельное	35.2	38.4	Безбокова 7	44
2	ЗИЛ 131	K 453 PX	грузовой фургон	A 80	50.6	55.2	Безбокова 7	36
3	УАЗ 22069	A 222 CA	микроавтобус	A 80	18.7	20.4	Безбокова 7	36
4	ГТ-Т	PK 2935	гусеничный тра	дизельное	96	105.6	Безбокова 7	44
5	ГАЗ 71	PK 2934	гусеничный тра	A 80	100	110	Безбокова 7	36
6	ТТ-4М	PK 2939	трактор	дизельное	185	203.5	Култук	44
7	Буран АД	PK 5929	снегоход	A 92	19.8	21.6	Безбокова 7	40
11	УАЗ Хантер	A 587 AU	легковая	A 92	13.2	14.5	Безбокова 38	40
13	T-130Б	PP 1746	бульдозер	дизельное	180	198	Безбокова 38	44

Рисунок 36 – Таблица «Транспорт»

Так же была создана «Основная таблица», с помощью которой были связаны все таблицы. Схема данных представлена на рисунке 37.

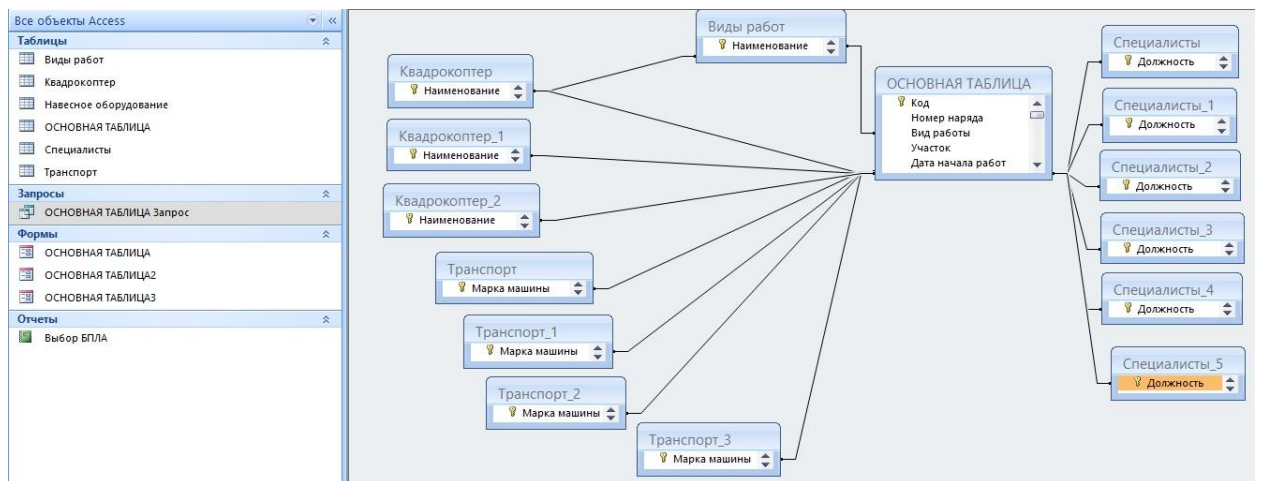


Рисунок 37 – Схема данных

Далее переходим к процессу создания запроса, для этого используем «Конструктор запросов», который располагается на вкладке «Создание». В результате появится окно выбора таблиц. Из таблиц выбираем необходимые данные для расчета. С помощью построителя выражений составляем формы для расчета стоимости работы с БПЛА и без БПЛА. Расчет стоимости с БПЛА представлен на рисунке 38.

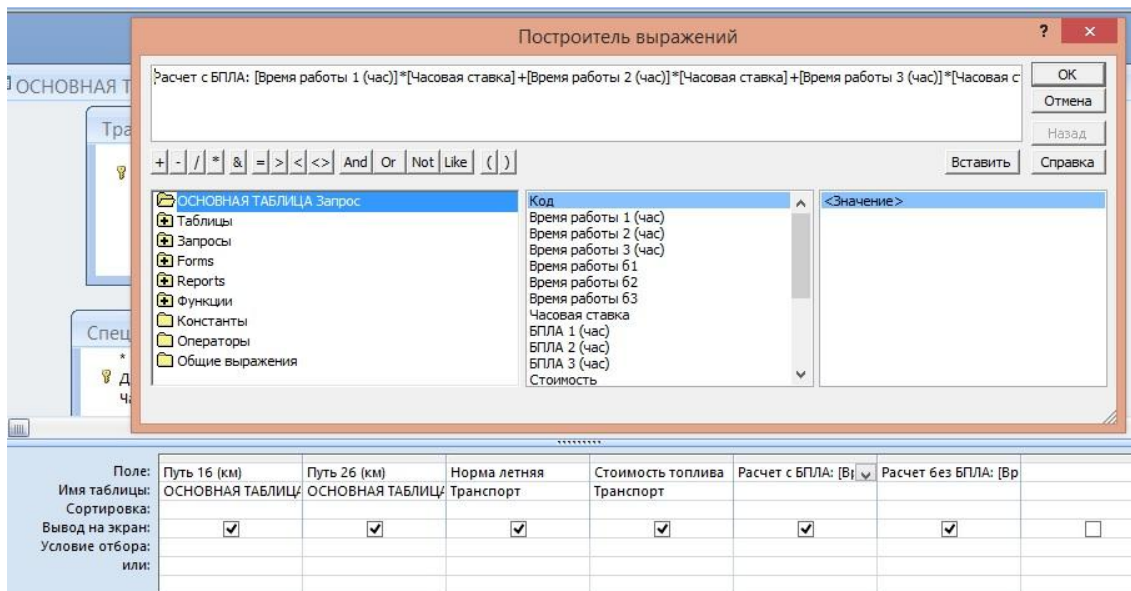


Рисунок 38 – Расчет стоимости работы с БПЛА

Расчет стоимости работы без использования БПЛА представлен на рисунке 39.

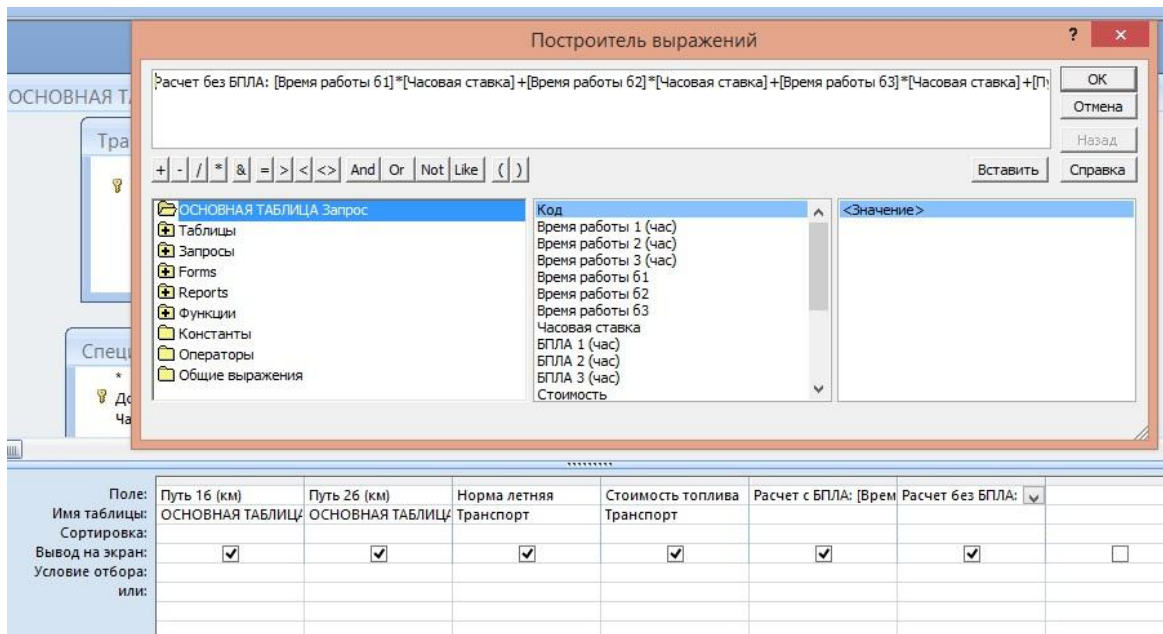


Рисунок 39 – Расчет стоимости работы без БПЛА

Формы создаются следующим образом, в разделе «Формы» на вкладке «Создание» необходимо перейти к «Мастеру форм» через «Другие формы». Из выпадающего списка необходимо выбрать запрос или таблицу, по

которому нужно сформулировать визуальную форму. Затем перенести нужные столбцы в блок «Выбранные поля» из блока «Доступные поля». После выбираем внешний вид формы и стиль.

Начальная форма представлена на рисунке 40. Специалист указывает дату начала работ, участок, затем выбирает вид работы. Так как при использовании БАС транспортное средство используется только одно, специалист выбирает какое именно, указывает примерный путь в километрах. Так же необходимо указать погодные условия, так как при температуре ниже -40, или скорости ветра более 10 м/с, или наличии осадков квадрокоптер не используется. Далее специалист выбирает транспортные средства и их путь, если квадрокоптер не используется. Затем переходит на следующую форму.

Южный филиал "ИЭСК"

Номер наряда: 1a

Дата начала работ: 01.02.2018

Участок: №1

Вид работы: Аварийный осмотр

Температура (min): -20 Осадки:

БЕЗ БПЛА

Транспорт 1: Буран АД

Путь 1 (км): 10

Транспорт 2: УРАЛ 4320

Путь 2 (км): 150

С БПЛА

Транспорт 1: УРАЛ 4320

Путь 1 (км): 90

Транспорт 2:


Путь 2 (км): 0


Далее Заккрыть

Рисунок 40 – Начальная форма

Следующая форма представлена на рисунке 41. Необходимо выбрать специалистов и время их работы, как без использования, так и с использованием квадрокоптера. Так же специалист выбирает модели квадрокоптера для выполнения работы и их время применения.


Южный филиал "ИЭСК"





Специалист 2: Время работы:

Специалист 3: Время работы:



Специалист 1: Время работы:

Специалист 2: Время работы:

Специалист 3: Время работы:

БПЛА 1:

БПЛА 2:

БПЛА 3:

Время работы:

Время работы:

Время работы:

Помощь в выборе БПЛА
Далее
Вернуться
Закреть

Рисунок 41 – Выбор специалистов и БПЛА

Так же на данной форме имеется кнопка «Помощь в выборе БПЛА». В случае, если специалист не знает какой квадрокоптер выбрать, данная «помощь» представлена в виде таблицы на рисунке 42.

<h2 style="margin: 0;">Виды работ</h2>	
Наименование	Квадрокоптер
Аварийный осмотр	Inspire 1; Matrice 100; Phantom 3
Картографирование	Inspire 1; Matrice 100; Phantom 3
Оценка растительности на просеках	Matrice 100; Phantom 3
Планный осмотр	Matrice 100
Построение поопорных схем	Matrice 100
Проверка антикоррозионного покрытия	Matrice 100; Phantom 3
Проверка состояния переходов через водные преграды	Matrice 100; Phantom 3
Тепловизионное обследование	Inspire 1
Трансляция аварийно-восстановительных работ	Inspire 1

Рисунок 42 – Виды работ и использующиеся БПЛА

На последней форме представлены результаты расчетов стоимости выполнения аварийного осмотра с применением БПЛА и без БПЛА. Данная форма представлена на рисунке 43.

Южный филиал "ИЭСК"

БЕЗ БПЛА

Стоимость работы без БПЛА: 12986,08

С БПЛА

Стоимость работы с БПЛА: 9836,92

Вернуться Закреть

Рисунок 43 – Результаты расчетов стоимости работ с БПЛА и без БПЛА

Полученная база данных позволяет получить значения финансовых затрат с использованием БПЛА и без использования при выполнении определенного вида работы. Существующая информационная система ЮЭС ОАО «ИЭСК» закрыта, а данная база данных с ней не связана, следовательно, пользоваться ей сможет любой сотрудник службы ЛЭП. Интерфейс полученной базы данных понятен, особых требований к аппаратному обеспечению нет, импорт и экспорт данных осуществляется просто. К тому структуру данных можно легко изменить при доработке средства.

3.3 Обоснование эффективности использования специалистами энергоснабжающих организаций разработанного программного средства

На данный момент ЮЭС ОАО «ИЭСК» не производит расчет стоимости работы перед ее выполнением. В основном выбор каким методом производить мониторинг зависит от труднодоступности ЛЭП, и времени года, так как летом, чаще всего, работы выполняются с применением БПЛА. Тем самым не учитывается экономическая эффективность метода мониторинга с БПЛА или без БПЛА. Для этого была разработана методика расчета, представленная в пункте 2.3. На основе этой методики была разработана база данных, с помощью которой можно избежать грубых ошибок при выборе, с помощью сравнения полученной стоимости работы с использованием БПЛА или без использования. Так же полученная база данных является простым и удобным средством, позволяет производить накопление и обработку данных, связанных с выполняемыми видами работ. Благодаря базе данных значительно сокращается время для расчета стоимости работы, что упрощает работу персоналу.

Для того, чтобы обосновать экономическую эффективность применения методики расчета и базы данных, проведем расчет примерной стоимости работ с применением БПЛА и без БПЛА при плановом осмотре. Для этого необходимо произвести расчет по формулам из пункта 2.3.

Сначала рассчитаем стоимость работы персонала. Для этого воспользуемся данными, предоставленными экономическим отделом ЮЭС ОАО «ИЭСК». В часовую тарифную ставку персонала входят: тарифная часть, премии, выслуга лет, и отчисления в фонды. Итоговая часовая тарифная ставка сотрудников ЮЭС ОАО «ИЭСК» на текущий 2018 год представлена ниже.

- Начальник службы – 633,2 рубля.
- Ведущий инженер – 451,5 рублей.
- Инженер – 320,6 рублей.

- Техник – 182 рубля.
- Старший мастер участка – 360,5 рублей.
- Мастер участка – 321,1 рублей.
- Электромонтер – 228,4 рублей.
- Электрогазосварщик – 228,4 рублей.
- Электромонтер по эскизированию – 144,9 рублей.
- Водитель – 182 рубля.

Для планового осмотра с БПЛА потребуются водитель и старший мастер. Время работы водителя в сумме 3 часа (2 часа на дорогу, и 1 час, пока проводятся работы). Время работы старшего мастера в сумме 6 часа (1 час на осмотр ЛЭП, и 3 часа на просмотр полученного материала и 2 часа на дорогу).

Для расчета стоимости работы водителя используем формулу 2.1:

$$\text{СРП}_6 = 3 * 182 = 546 \text{ руб.}$$

Стоимость работы старшего мастера рассчитана ниже:

$$\text{СРП}_6 = 6 * 360,5 = 2\ 163 \text{ руб.}$$

Общая стоимость работы персонала при использовании БПЛА равна 2 709 рублей.

Для планового осмотра без БПЛА потребуются водитель, мастер участка, электромонтер. Время работы водителя в сумме 5 часов (2 часа на дорогу, и 3 часа, пока проводятся работы). Время работы мастера участка 8 часов (3 часа на работу, 3 часа на анализ осмотра, 2 часа на дорогу), время работы электромонтера 5 часов, включая дорогу.

Стоимость работы водителя представлена ниже:

$$\text{СРП} = 5 * 182 = 910 \text{ руб.}$$

Стоимость работы мастера участка рассчитана ниже:

$$\text{СРП} = 8 * 321,1 = 2\,568,8 \text{ руб.}$$

Стоимость работы электромонтера рассчитана ниже:

$$\text{СРП} = 5 * 228,4 = 1\,142 \text{ руб.}$$

Общая стоимость работы персонала без использования БПЛА равна 4 620, 8 рублей.

Далее рассчитаем транспортные расходы по формулам 2.2 (без использования БПЛА), 2.3 (с использованием БПЛА). Как правило, в случае когда используется БПЛА необходим только один транспорт, когда без использования – два.

Данные о стоимости владения транспортным средством, предоставленные экономическим отделом ОАО «ИЭСК», следующие:

- Буран АД – 1,53 рублей за 1 км;
- ГАЗ 71 – 25 рублей за 1 км;
- ГТ-Т – 27,40 рублей за 1 км;
- ЗИЛ 131 – 7,90 рублей за 1 км;
- Т-130Б – 31,30 рублей за 1 км;
- ТТ-4М – 34 рубля за 1 км;
- УАЗ 22069 – 3,62 рубля за 1 км;
- УАЗ Хантер – 2,90 рубля за 1 км;
- УРАЛ 4320 – 8,80 рублей за 1 км.

Летний и зимний расход топлива по каждому транспорту, а так же используемое топливо по каждому виду транспорта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Летний и зимний расход топлива по каждому транспорту

Транспорт	Топливо	Летняя норма (литров на 100 км)	Зимняя норма (литров на 100 км)
УРАЛ 4320	дизельное	35,2	38,4
ЗИЛ 131	А 80	50,6	55,2
УАЗ 22069	А 80	18,7	20,4
ГТ-Г	дизельное	96	105,6
ГАЗ 71	А 80	100	110
ГТ-4М	дизельное	185	203,5
БУРАН АД	А 80	19,8	21,6
УАЗ ХАНТЕР	А 92	13,2	14,5
Т-130Б	дизельное	180	198

Примерная стоимость топлива в Иркутской области составляет:

- А80 – 36 рублей за литр;
- А92 – 40 рублей за литр;
- дизельное – 44 рублей за литр.

При проведении осмотра с использованием БПЛА используется УАЗ ХАНТЕР, время использования 2 часа, расстояние до пункта 100 км, осмотр проводится в летний период. Транспортные расходы рассчитывает по формуле 2.2.

$$TR_6 = 40 * 13,2 / 100 * 100 + 100 * 2,9 = 818 \text{ рублей.}$$

При проведении осмотра без использования БПЛА используются УАЗ ХАНТЕР и Урал 4320. Транспортные расходы без использования БПЛА рассчитываются по формуле 2.3. Время использования: УАЗ ХАНТЕР – 1,5 часа и Урал 4320 – 1 часа. Расстояние, которое прошли УАЗ ХАНТЕР – 80 км и Урал 4320 – 40 км.

$$TR = (40 * 13,2 / 100 * 80 + 80 * 2,9) + (44 * 35,2 / 100 * 40 + 40 * 8,8) = 1\ 625,92 \text{ рублей.}$$

Далее нужно рассчитать расходы, связанные напрямую с квадрокоптером, для этого используется формула 2.4. Для планового осмотра используется Matrice 100. В стоимость часа работы квадрокоптера учитываются амортизационные расходы. Амортизационные расходы для каждого квадрокоптера представлены ниже.

$$CP_B = 1 * 810,7 = 810,7 \text{ рублей.}$$

Суммарная стоимость с учетом амортизационных расходов и стоимость часа работы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Стоимость часа работы квадрокоптера и подвесного оборудования с учетом амортизационных расходов

Наименование	Стоимость, рублей	Экспл. срок, часов	Суммарная стоимость с учетом амортизационных расходов, рублей	Стоимость часа работы, рублей
Phantom 3	150 000	2000	1 327 333	663,7
Matrice 100	300 000	2000	1 621 333	810,7
Inspire 1	350 000	2000	1 750 000	875
Тепловизор	380 000	1500		253,3
Камера	270 000	1500		180

Дополнительные расходы, которые включены в суммарную стоимость работы квадрокоптера, представлены в таблицах 3 – 6.

Таблица 3 – Дополнительные расходы на аккумуляторы для квадрокоптера

Наименование	Аккумуляторы			
	Цена, рублей	Экспл. срок, часов	Необходимое кол-во, штук	Итог, рублей
Phantom 3	12 000	25	80	960 000
Matrice 100	17 000	40	50	850 000
Inspire 1	16 000	30	66,7	1 067 200

Таблица 4 – Дополнительные расходы на лопасти для квадрокоптера

Наименование	Лопасты			
	Цена, рублей	Экспл. срок, часов	Необходимое кол-во, штук	Итого, рублей
Phantom 3	500	10	200	100 000
Matrice 100	1000	10	200	200 000
Inspire 1	800	10	200	160 000

Таблица 5 – Дополнительные расходы на защиту лопастей

Наименование	Защита лопастей			
	Цена, рублей	Экспл. срок, часов	Необходимое кол-во, часов	Итого, рублей
Phantom 3	1 500	30	66,7	100 050
Matrice 100	3 350	30	66,7	223 445
Inspire 1	1 800	30	66,7	120 060

Таблица 6 - Дополнительные расходы на двигатели для квадрокоптера

Наименование	Двигатели			
	Цена, рублей	Экспл. срок, часов	Необходимое кол-во, часов	Итого, рублей
Phantom 3	1 300	150	13,3	17 290
Matrice 100	6 000	250	8	48 000
Inspire 1	8 000	300	6,7	53 600

Теперь необходимо рассчитать уже итоговую стоимость работ. Итоговая стоимость указана в таблице 7.

Таблица 7 – Итоговая стоимость работы с БПЛА и без БПЛА.

Параметры	С БПЛА, руб	Без БПЛА, руб
Стоимость работы персонала	2 709	4 620,8
Транспортные расходы	818	1 625,92
Стоимость работы беспилотника	810,7	
Итого:	4 337,7	6 246,72

Стоимость работы с БПЛА на 1 909 рублей меньше, чем стоимость работы без БПЛА.

Представленный пример описывает только содержание методики расчета. Об обосновании эффективности использования специалистами разработанного программного средства можно сделать вывод исходя из следующих данных. По оценке экономического отдела и отдела АСУ ТП ЮЭС ОАО «ИЭСК» представлены следующие данные в таблице 8.

Таблица 8 – Объемы работ ЮЭС ОАО «ИЭСК»

Объемы работ ЮЭС ОАО «ИЭСК»	2015 год	2016 год	2017 год
Общий объем по всем видам работ (часов)	79 699	81 260	82 821
Объем работ, где применение БПЛА невозможно (часов)	37 768	38 508	39 247
Объем работ с возможным применением БПЛА (часов)	41 931	42 752	43 574

Данное программное средство используется по отношению к объему работ с возможным применением БПЛА. Несмотря на то, что пример показывает эффективность использования БПЛА, существует зависимость от вида работ и условий их выполнения. На практике существуют противоположные примеры, их количество и разность значений практически совпадают. Предварительная экспертная оценка показывает, что есть около 30% «спорных» видов работ от общего объема допускающих применение БПЛА, т.е. около 13 тыс. часов. Исходя из того, что основной объем работ составляют плановые осмотры со средней продолжительностью 8 часов и разница в затратах при их выполнении примерно 1900 рублей, получаем среднюю оценку повышения эффективности работ при правильном принятии решения об использовании или не использовании БПЛА - 238 руб /час.

Представляется целесообразным воспользоваться прогнозом, представленным в таблице 9, по основным видам работ ЮЭС ОАО «ИЭСК»:

Таблица 9 – Прогноз объемов работ ЮЭС ОАО «ИЭСК»

Прогноз объемов работ ЮЭС ОАО «ИЭСК»	2018 год	2019 год	2020 год
Общий объем по всем видам работ (часов)	84 382	85 943	87 504
Объем работ, где применение БПЛА невозможно (часов)	39 987	40 727	41 467
Объем работ с возможным применением БПЛА (часов)	44 395	45 216	46 037

Учитывая прогноз объемов работ ЮЭС ОАО «ИЭСК» на 2018-2020 гг. представленный в таблице 9 и допуская отсутствие существенных изменений стоимостных показателей, получаем примерную экономическую оценку эффективности использования программного средства в 3,2 млн.руб в год (13,5 тыс.час. «спорных» видов работ * 238 руб /час).

Дополнительно отметим, что до мая 2018 года специалисты ЮЭС ОАО «ИЭСК» не производили расчет стоимости работ с возможным применением БПЛА перед ее выполнением. Основной причиной является то, что по существующей организации производственных процессов компании и функциональным обязанностям специалистов указанный расчет должен производить экономический отдел. Параметры необходимые для расчета определяет мастер участка (тип техники, привлекаемые специалисты, продолжительность работы) с учетом местоположения и погодных условий. Обеспечить оперативную передачу исходных данных от мастера в экономический отдел и обязательное первоочередное выделение рабочего времени специалиста экономического отдела, в существующих условиях не представляется возможным. Тем самым не учитывается экономическая

эффективность метода мониторинга с БПЛА или без БПЛА. В связи с этим одной из целей создания программного средства является разработка программы с интуитивно понятным интерфейсом, применение которой не требует от специалиста (например, мастера участка) экономических знаний или формирования новых компетенций, не связывает необходимость обращения в экономический отдел при принятии производственных решений.

Несмотря на невозможность точной оценки эффективности использования специалистами энергоснабжающих организаций разработанного программного средства, можно утверждать обоснованность целесообразности его использования.

Стоит отметить, что применение программного средства приводит к формированию базы данных. Впоследствии полученные данные позволят совершенствовать методику расчета, уточнить усредненные значения показателей, в том числе полученных на основе экспериментальных оценок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование БАС (БПЛА) не только повышает уровень безопасности специалистов при мониторинге ЛЭП, но и повышает эффективность выполнения работ. Существующие технические средства БАС и технологии обработки геопространственных данных позволяют решать широкий спектр задач. Использование БАС позволяет существенно увеличить оперативность мониторинга и сократить сроки проведения обследований и ремонтно-профилактических работ. Особенно эффективно применение БАС в труднодоступных районах и при сложном рельефе местности. Использование БАС позволяет существенно увеличить оперативность мониторинга и сократить сроки проведения обследований и ремонтно-профилактических работ. Применение БАС при мониторинге состояния ЛЭП в рамках крупной региональной или федеральной сетевой компании может дать существенную экономию.

Несмотря на очевидность получаемых при использовании БАС преимуществ, вопрос оценки целесообразности их применения на практике сложен.

В ходе решения указанных во введении задач удалось достичь цели данной дипломной работы, а именно создание программного средства, позволяющего определять целесообразность использования БАС при решении основных производственных задач и определение направлений деятельности организации для повышения эффективности использования БАС.

Для достижения цели в ходе выполнения дипломной работы были решены следующие задачи: определены основные понятия сферы БАС; выделены основные производственные задачи, решение которых возможно с помощью БАС; определены параметры, влияющие на экономическую эффективность применения БАС в энергоснабжающих организациях, на примере ОАО «ИЭСК»; описана методика расчета экономической

эффективности; создано программное средство, позволяющее определять целесообразность использования БАС при решении основных производственных задач и определение направлений деятельности организации для повышения эффективности использования БАС.

В дальнейшем целесообразно выделить несколько направлений исследований:

- уточнение используемых в расчетах параметров жизненного цикла БАС (лопасти, двигатели, аккумуляторы, и т.д.);

- выделение показателей влияющих на эффективность применения БАС при выполнении конкретных видов работ (система позиционирования, используемая оптика, применяемое программное обеспечения, технические характеристики конкретной БАС и т.д.) и их учет в методике оценки;

- создания модуля переноса данных между информационной системой ОАО «ИЭСК» и разработанным программным средством;

- реализация мобильной версии разработанного программного средства, например в MobiDB. Это позволит использовать разработанное приложение установленное на сотовый телефон исполнителя, например мастера участка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотные авиационные системы (БАС) [Текст] / Утв. генеральным секретарем и опубликовано с его санкции. – Международная организация гражданской авиации, 2011. – 50 с.
2. Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам [Текст] / Утв. генеральным секретарем и опубликовано с его санкции. – Международная организация гражданской авиации, 2013.
3. Руководство по бортовой системе предупреждения столкновений [Текст] / Утв. генеральным секретарем и опубликовано с его санкции. – Международная организация гражданской авиации, 2012.
4. Руководство по управлению безопасностью полетов [Текст] / Утв. генеральным секретарем и опубликовано с его санкции. – Международная организация гражданской авиации, 2013.
5. Руководство по требуемым навигационным характеристикам [Текст] / Утв. генеральным секретарем и опубликовано с его санкции. – Международная организация гражданской авиации, 1999.
6. Организация воздушного движения [Текст] / Утв. генеральным секретарем и опубликовано с его санкции. – Международная организация гражданской авиации, 2016.
7. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.02.1997 №60 (ред. от 31.12.2017)
8. Об утверждении федеральных авиационных правил полетов в воздушном пространстве РФ [Текст]: Приказ Министра обороны Российской Федерации, Министерства транспорта Российской Федерации и Российского авиационно-космического агентства 31 марта 2002 г. №136/42/51.
9. Об утверждении федеральных авиационных правил «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации» [Текст]:

Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 31 июля 2009 г. №128.

10. Об утверждении федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации [Текст]: Постановление Российской Федерации от 11 марта 2010 г. №138.

11. Об утверждении федеральных авиационных правил «Порядок осуществления радиосвязи в воздушном пространстве Российской Федерации» [Текст]: Приказ министерства транспорта Российской Федерации от 26 сентября 2012 г. №362.

12. Об утверждении Положения об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха работников, осуществляющих управление воздушным движением гражданской авиации Российской Федерации [Текст]: Приказ министерства транспорта Российской Федерации от 30 января 2004 г. №10.

13. Беспилотный летательный аппарат [Электронный ресурс]: Большая российская энциклопедия – Режим доступа: https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/4087725.

14. Афанасьев, П.П. Беспилотные летательные аппараты. Основы устройства и функционирования / П.П. Афанасьев. – Москва: МАИ, 2008.

15. Беспилотные авиационные системы (БАС) [Текст] / Утв. генеральным секретарем и опубликовано с его санкции. – Международная организация гражданской авиации, 2011. – 50 с.

16. Гребеников, А.Г., Мялица, А.К. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справ. пособие / А.Г. Гребеников, А.К. Мялица. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. – 377 с.

17. Биард, У. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика: пер. с англ / У. Биард. – Москва: Техносфера, 2015. – 311 с.

18. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов в военных целях [Электронный ресурс]: Наука и военная

безопасность – Режим доступа: <http://militaryarticle.ru/nauka-i-voennaya-bezopasnost/2008/12084-vozmozhnosti-ispolzovaniya-bespilotnyh-letatelnyh>.

19. Ударные беспилотники идут на вооружение ВС РФ [Электронный ресурс]: Военные материалы – Режим доступа: <https://warfiles.ru/166562-udarnye-bespilotniki-idut-na-vooruzhenie-vs-rf.html>.

20. Области применения БПЛА [Электронный ресурс]: uavstart.ru – Режим доступа: http://www.uavstart.ru/?uic_map=05012013202859&login_map=us.

21. Кудряков, С.А., Ткачев, В.Р. Беспилотные авиационные системы. Общие сведения и основы эксплуатации / С.А. Кудряков, В.Р. Ткачев. – СПб: «Свое издательство», 2015. – 121 с.

22. Возможности применения беспилотных авиационных систем для мониторинг воздушных ЛЭП [Электронный ресурс]: Российские беспилотники – Режим доступа: <https://russiandrone.ru/publications/vozmozhnosti-primeneniya-bespilotnykh-aviatsionnykh-sistem-dlya-monitoringa-vozdushnykh-lep/>.

23. Щербаков, Е.Ф., Александрова Д.С., Дубов А.Л. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александрова, А.Л. Дубов. – Москва: ФОРУМ, 2012.

24. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: учебное пособие / Е.А. Конюхова. – Москва: Академия, 2012.

25. Сибикин, Ю.Д., Сибикин, М.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – Москва: Высшая школа, 2003.

26. Южаков, Б.Г. Технология и организация обслуживания и ремонта устройств электроснабжения / Б.Г. Южаков. – Москва: Маршрут, 2004. – 275 с.

27. Правила устройства электроустановок. Разделы 1,6, 7. 7-е изд. – СПб.: ЦОТПБСП, 2003 – 208 с.

28. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок – ПОТ РМ-16 СПб.: ЦОТПБСП, 2003 – 168 с.

29. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. – СПб.: ООО «БАРС», 2003. – 312 с.

30. Кудряков С.А, Макаров В.В., «Актуальные вопросы развития беспилотной индустрии России», Теория и практика современной науки, №8(14), 2016 г.

31. Монтаж и эксплуатация воздушных линий электропередачи [Электронный ресурс]: монтаж и эксплуатация электрических сетей. – Режим доступа: <https://elektro-montagnik.ru/?address=lectures/part2/&page=content>.

32. Обзор квадрокоптера DJI Phantom 3 Professional [Электронный ресурс]: Мир квадрокоптеров – Режим доступа: <https://mirquadrocoptero.ru/populyarnye-modeli/universalnye-drony/obzor-dji-phantom-3-professional.html>.

33. Квадрокоптер DJI Matrice 100 [Электронный ресурс]: vido.com – Режим доступа: <https://vido.com.ua/article/12253/kvadrokoptier-dji-matrix-100-s-poddierzhkoi-vtoroi-batariei/>.

34. Квадрокоптер DJI Inspire 1 [Электронный ресурс]: dronreview.ru – Режим доступа: <http://dronreview.ru/kvadrokopter-dji-inspire-1/>.

35. Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 25.02.08 Эксплуатация беспилотных авиационных систем [Текст]: Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 9 декабря 2016 г. №1549

36. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС [Электронный ресурс]: Прикладной потребительский центр ГЛОНАСС – Режим доступа: <https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/glonass.php>.

37. GPS – глобальная система определения координат [Электронный ресурс]: Прикладной потребительский центр и система информационного обеспечения. – Режим доступа: <http://ppcmnic.ru/gnss/gps>.

38. Ильюшко, В.М., Митрахович, М.М. Беспилотные летательные аппараты: Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / В.М. Ильюшко, М.М. Митрахович. – К.: 2009. – 304 с.

39. Красильщиков, М.Н. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов / М.Н. Красильщикова. – Москва: Физматлит, 2009. – 556 с.

40. Краткая характеристика MS Access [Электронный ресурс]: Информатика и проектирование – Режим доступа: <http://www.informaticspoint.ru/forpois-742-1.html>.

41. Единая система технологической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cals.ru/sites/default/files/downloads/3.1102-2011.pdf>.