

**УДК 681.513**

**ББК 39.56**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ  
АНАЛОГОВЫХ БЛОКОВ СИСТЕМ АВИАЦИОННОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ**

**Сергей Владимирович Мишин**  
кандидат технических наук, доцент  
Московский государственный технический университет  
гражданской авиации (Иркутский филиал)  
Иркутск, Россия  
[sv\\_mishin@mail.ru](mailto:sv_mishin@mail.ru)

В статье представлены материалы, подтверждающие возможность и поясняющие алгоритм частичной модернизации аналоговых блоков бортового комплекса оборудования на примере противообледенительной системы вертолета Ми-8. Предложенное решение позволяет снизить массу и стоимость, повысить надежность функционирования сложных технических систем.

**Ключевые слова:** модернизация, авиационное оборудование, цифровой блок управления, микроконтроллер.

**USE OF MICROCONTROLLERS FOR MODERNIZATION OF ANALOG  
UNITS OF AVIATION EQUIPMENT SYSTEMS**

**Sergey Vladimirovich Mishin**  
Candidate of technical sciences, associate professor  
Moscow State Technical University of Civil Aviation  
Irkutsk branch  
Irkutsk, Russia  
[sv\\_mishin@mail.ru](mailto:sv_mishin@mail.ru)

The article presents the materials confirming the possibility and explaining the algorithm of partial modernization of on-board equipment analog units on the example of Mi-8 helicopter de-icing system. The proposed solution makes it possible to reduce weight and cost, increase reliability of complex technical systems operation.

**Key words:** modernization, aviation equipment, digital control unit, microcontroller.

Авиационное и радиоэлектронное оборудование современного воздушного судна является полностью цифровым. Это позволяет обеспечить качественно новый уровень его работы по абсолютно всем показателям: надежности, массо-габаритным характеристикам, гибкости алгоритма функционирования, способности к самодиагностике и адаптивности в различных условиях эксплуатации. Однако в настоящее время продолжают эксплуатироваться и так называемые аналоговые воздушные суда. На них бортовое оборудование построено на принципиально устаревшей аналоговой элементной базе. Переход на полностью цифровые самолеты и вертолеты происходит постепенно, по мере выработки технического ресурса аналоговыми судами.

Хорошо известно, что авиационные заводы производят воздушные суда небольшими сериями. От серии к серии постоянно проводятся доработка и модернизация авиационной техники, устраняющие конструктивно-производственные недостатки систем и улучшающие их эксплуатационные характеристики. Это является вполне обоснованным решением, так как разработка и создание полностью нового воздушного судна является дорогостоящим и длительным процессом.

Таким образом, **целью данной работы является** не только подтверждение возможности и отработка алгоритма частичной модернизации аналоговых блоков систем авиационного оборудования, но и оценка эффективности этой модернизации.

**Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:**

- разработать принципиальную электрическую схему модернизированного цифрового блока управления одной из бортовых систем;
- проверить работоспособность разработанного блока управления;
- изготовить натурную модель цифрового блока управления;
- оценить эффективность полученного технического решения.

В качестве «тестовой» системы бортового оборудования была выбрана такая жизненно важная «автономная» система, как противообледенительная система вертолета Ми-8. Под автономностью этой системы понимается её относительная самостоятельность и независимость от работы других систем. Жизненная важность системы объясняется тем, что её работоспособность напрямую связана с безопасностью полета воздушного судна [Обледенение летательных аппаратов, 2013].

На первом этапе, на основе изучения принципа действия эксплуатирующейся системы, разрабатывается структурная схема системы, подлежащей модернизации – то есть переводу на цифровые принципы управления. Ниже, в качестве примера, представлена структурная схема противообледенительной системы (рисунок 1) вертолета Ми-8.



ТД-2 – датчик температуры; СО-121 – сигнализатор обледенения

Рисунок 1 – Структурная схема противообледенительной системы

На структурной схеме (рисунок 1) хорошо видно, что вместо штатных блоков программного механизма ПМК-21 и регулятора температуры ТЭР-1М появились схема управления и группа промежуточных исполнительных реле. Схема управления – это схема, построенная на микроконтроллерах. Промежуточные реле необходимы для управления подачей силового напряжения на штатные реле и контакторы бортовых систем.

На втором этапе разрабатывается принципиальная электрическая схема соединений элементов модернизируемой бортовой системы с цифровой схемой управления (рисунок 2).

Для питания микроконтроллеров и периферии требуется стабилизированное напряжение 5В. В проекте использован источник, построенный на стабилизаторе L7805 (на рисунке 2 слева). Он позволяет преобразовать силовое напряжение бортовой сети уровня 27В в стабилизированное напряжение 5В.

Принцип действия разработанной схемы заключается в том, что на вход (на рисунке 2 слева) поступают дискретные сигналы в виде постоянного напряжения 5 вольт от органов управления (в том числе и сигнализатора обледенения СО-121). Эти сигналы обрабатываются в микроконтроллерах МК1 и МК2 и открывают соответствующие транзисторы VT1-VT8 (правая часть схемы). Открытые транзисторы подают силовое напряжение 27 вольт на штатные бортовые силовые реле и контакторы, а также индикацию пульта управления и пульта контроля противообледенительной системы.

Функции исключенных блоков ПМК-21 и ТЭР-1М в модернизированной противообледенительной системе возложены на разработанный цифровой блок управления. Его «мозгом» являются два микроконтроллера Atmega328P. В качестве исполнительных в проекте использованы транзисторы – бесконтактные реле. Для управления приборами использован следящий электродвигательный привод постоянного тока. Такая элементная база позволяет решать относительно сложные задачи [Здрачук, 2017; Мишин, Сокольников, 2018; Попов, 2019]. Для их корректной работы в ходе проектирования для микроконтроллеров было создано программное обеспечение, реализующее алгоритм подачи управляющих сигналов на штатные исполнительные устройства.

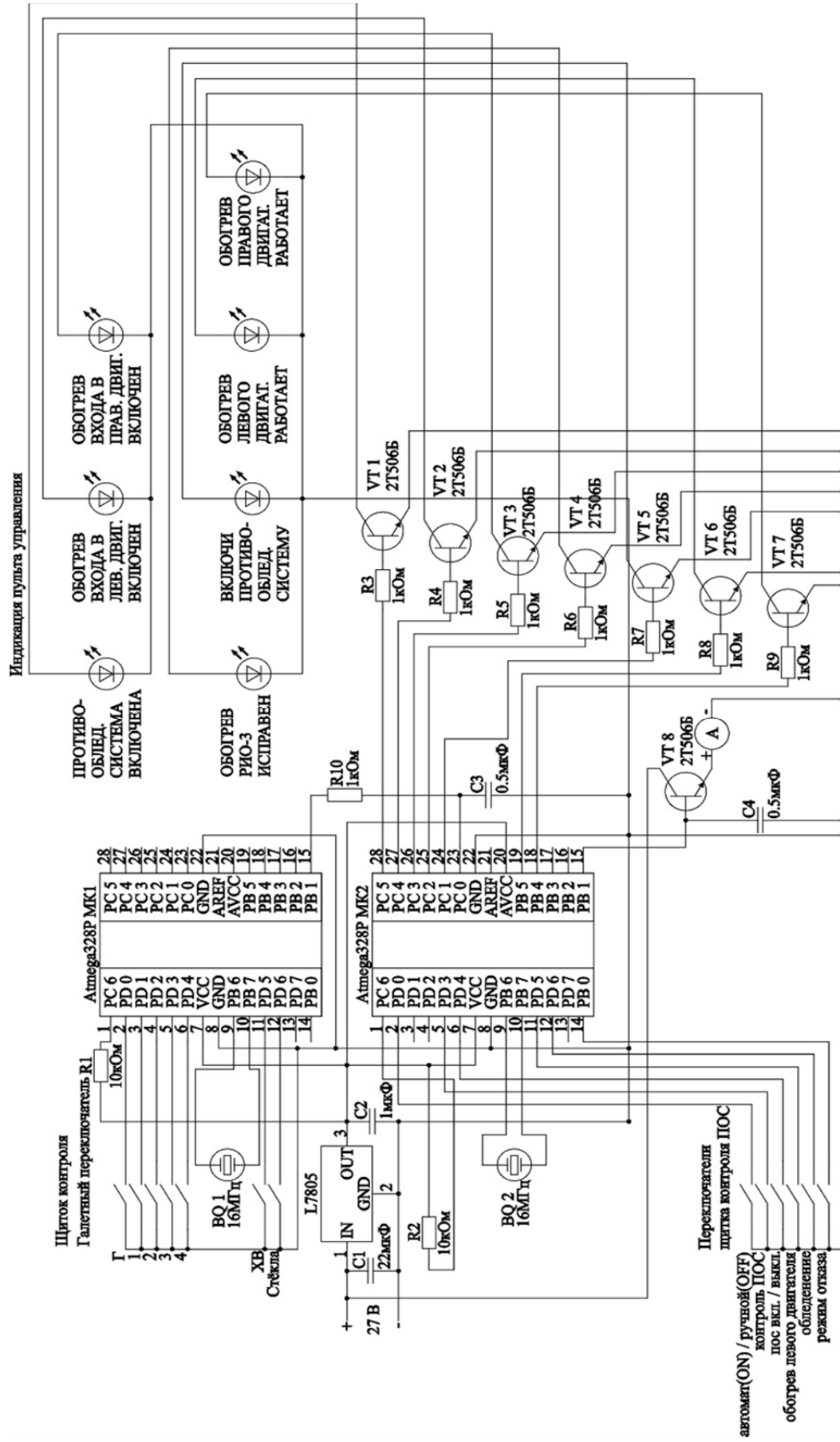


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема противообледенительной системы

На третьем этапе, после разработки принципиальной электрической схемы, но до ее натурального моделирования целесообразно проверить ее работоспособность. Удачным программным продуктом, позволяющим осуществить это, является симулятор Proteus. На рисунке 3 представлена модель противообледенительной системы, построенная в симуляторе Proteus 8. Противообледенительная система работает в автоматическом режиме. При возникновении обледенения горит индикация и отображается потребляемый ток на амперметре щитка контроля.

С помощью тумблеров пульта управления и галетного переключателя щитка контроля осуществляется взаимодействие микроконтроллеров МК1 и МК2 со штатными элементами противообледенительной системы вертолѐта.

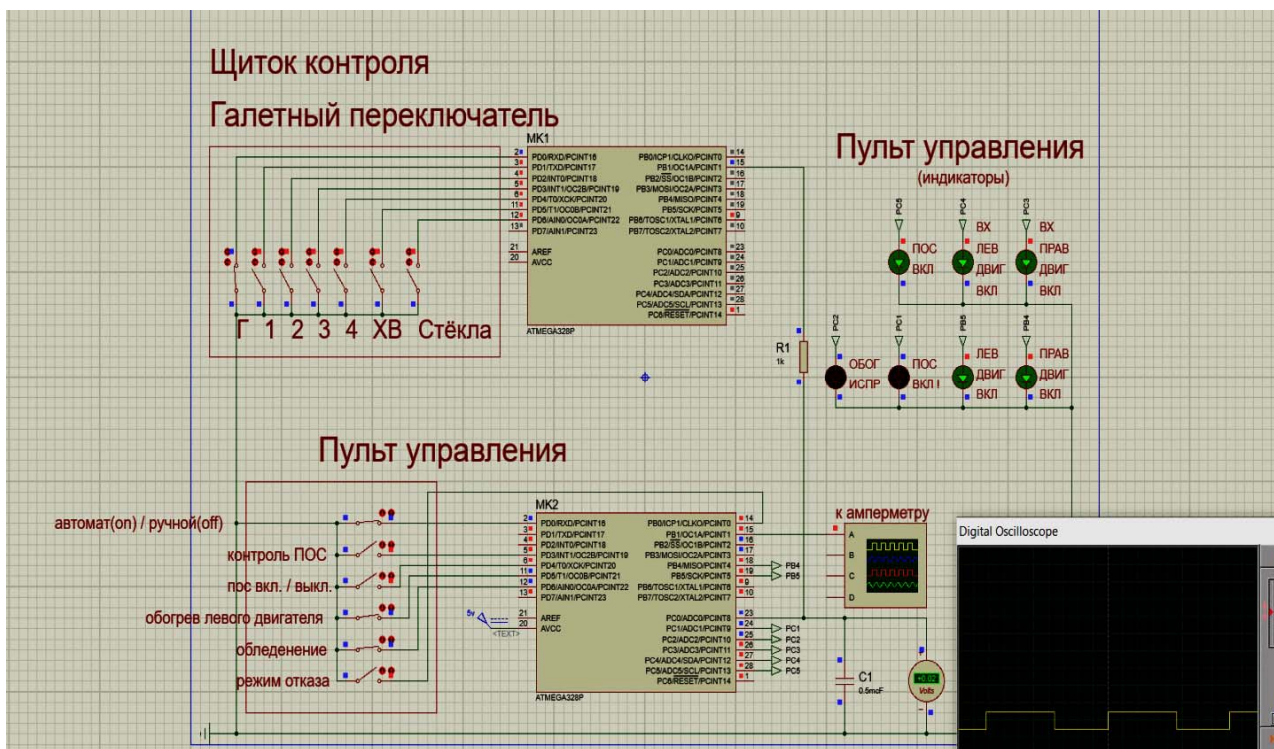


Рисунок 3 – Модель противообледенительной системы в симуляторе Proteus 8

На этом теоретическая подготовка проекта заканчивается. Приступаем к практической стороне вопроса. Для этого в программной среде Sprint Layout 6.0 (можно использовать и другие программные продукты) была разработана, а позже самостоятельно изготовлена печатная плата блока управления противообледенительной системой. Ее размеры составили всего 75×60 мм.

Внешний вид изготовленной в ходе проектирования печатной платы представлен на рисунке 4, а вид платы со стороны монтажа – на рисунке 5.

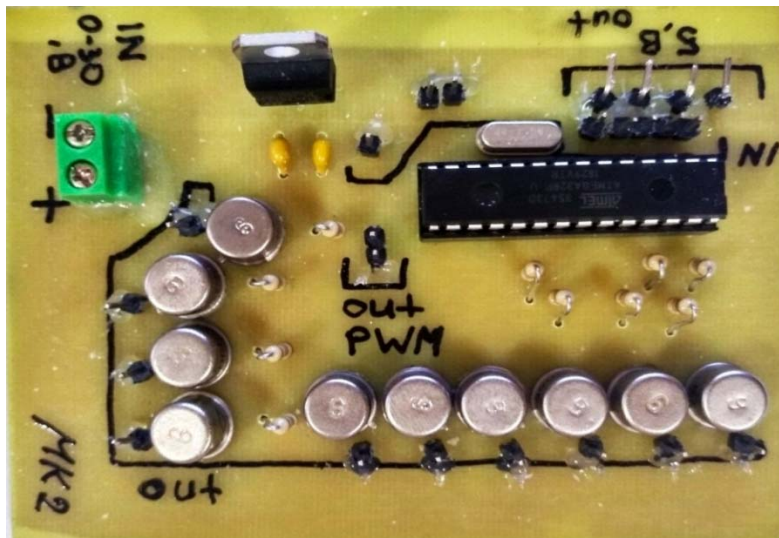


Рисунок 4 – Внешний вид печатной платы имитатора

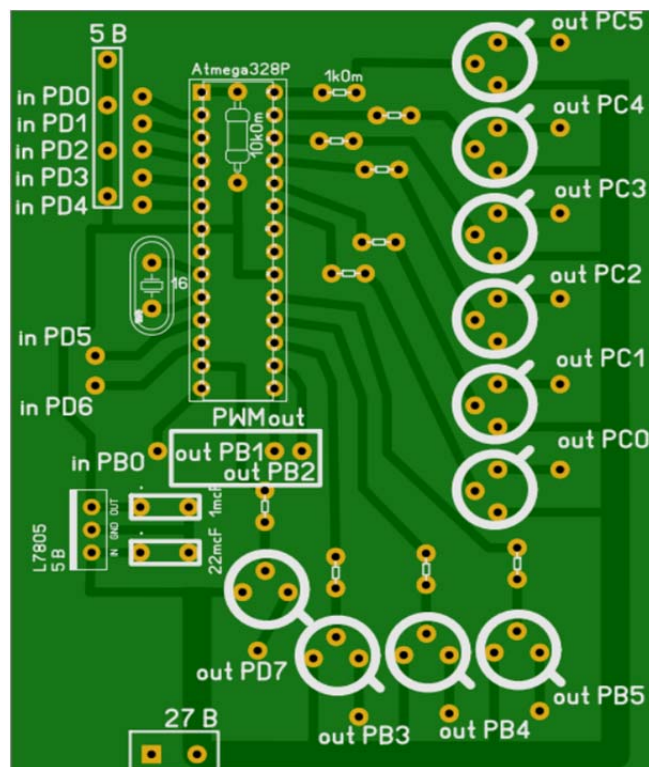


Рисунок 5 – Печатная плата имитатора со стороны монтажа



## ВЫВОДЫ

Благодаря предложенному решению по модернизации противообледенительной системы вертолета Ми-8, получены следующие результаты:

- подтверждена возможность только частичного перевода отдельных блоков и систем бортового комплекса оборудования на цифровую элементную базу. При этом часть исходного штатного оборудования может сохраняться, например, первичные датчики информации и исполнительные устройства;

- в результате модернизации из структуры штатной противообледенительной системы исключены: программный механизм ПМК–21ТВ и шесть термоэлектронных регуляторов ТЭР-1М;

- снижена масса системы почти на 4 кг (микроконтроллер Atmega328P имеет массу 4 грамма, масса одного блока ТЭР-1М и программного механизма ПМК-21 3 серии – 0,250 кг и 3 кг соответственно), а стоимость более, чем на 700000 рублей (микроконтроллер Atmega328P стоит 220 руб., стоимость одного блока ТЭР-1М – 45600 руб. и программного механизма ПМК-21 3 серии – 432000 руб.) [Компания «Торговый Дом «СИНС АВИА»», 2020; Микроконтроллер Atmega328p-ру, 2020; Номенклатурный перечень изделий, 2020];

- несмотря на то, что количественная оценка надежности проекта не проводилась, ожидается повышение надежности работы противообледенительной системы благодаря переходу на цифровую элементную базу [Захаров, 2013].

**В качестве перспективного направления развития** предложенной в работе модернизации можно рассматривать возможность использования вычислительных возможностей других цифровых систем бортового комплекса оборудования [Кивокурцев, 2019]. Однако, это – отдельная непростая задача, требующая более детальной проработки.



## Библиографический список

1. *Захаров О. Г.* Надежность цифровых устройств в цифрах и диаграммах // Вести в электроэнергетике. 2013. №4. С. 42.
2. *Здрачук С. В.* Использование электропривода постоянного тока в устройствах авиационной автоматики // Актуальные проблемы и перспективы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации – 2017: сб. трудов X научно-практической конференции студентов и аспирантов. Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2017. С.201-209.
3. *Кивокурцев А. Л.* Проблемы и перспективы применения интегральной модульной авионики в комплексах бортового оборудования // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации: сб. трудов VIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2019. С.62-67.
4. Компания «Торговый Дом «СИНС АВИА»» // [Электронный ресурс]. – 2020. URL: <https://cns-aviation.ru/o-kompanii/> (дата обращения: 29.10.2020).
5. Микроконтроллер Atmega328p-pu // [Электронный ресурс]. – 2020. URL: <https://www.chipdip.ru/product/atmega328p-pu> (дата обращения: 29.10.2020).
6. *Мишин С. В.* Имитаторы пилотажных приборов кабины учебного тренажера вертолета Ми-8 / С. В. Мишин, А. Г. Сокольников // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации: сб. трудов Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2018. С.74-79.
7. Номенклатурный перечень изделий // [Электронный ресурс]. – 2020. URL: [http://economy.udmurt.ru/prioriteti/ves/ves\\_UR/Kirov\\_obl/Lepse2.pdf](http://economy.udmurt.ru/prioriteti/ves/ves_UR/Kirov_obl/Lepse2.pdf) (дата обращения: 30.10.2020).
8. Обледенение летательных аппаратов // [Электронный ресурс]. – 2013. URL: <http://avia-simply.ru/obledenenie-letateljnih-apparatov/> (дата обращения 29.10.2020).
9. *Понов В. М.* Использование подвижной платформы для демонстрационной модели самолета // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации: сб. трудов VIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2019. С.92-99.

## References

1. Atmega328p-pu Microcontroller // [Electronic source]. - 2020. URL: <https://www.chipdip.ru/product/atmega328p-pu> (date of access: 29.10.2020). (In Russian)
2. Icing of aircraft // [Electronic source]. - 2013. URL: <http://avia-simply.ru/obledenenie-letateljnih-apparatov/> (date of access: 29.10.2020). (In Russian)
3. *Kivokurtsev A. L.* (2019) Problems and prospects of integrated modular avionics use in airborne equipment // Actual problems and prospects of civil aviation development: proceedings of the VIII all-Russian scientific and practical conference with international participation. Irkutsk: Irkutsk branch of MSTU GA, 2019. P. 62-67. (In Russian)

4. *Mishin S. V.*(2018) Simulators of flight instruments of the Mi-8 helicopter training simulator cockpit / S. V. Mishin, A. G. Sokolnikov // Actual problems and prospects of civil aviation development: proceedings of the all-Russian scientific and practical conference. Irkutsk: Irkutsk branch of MSTU GA, 2018. Pp. 74-79. (In Russian)
5. Nomenclature list of products // [Electronic source]. - 2020. URL: [http://economy.udmurt.ru/prioriteti/ves/ves\\_UR/Kirov\\_obl/Lepse2.pdf](http://economy.udmurt.ru/prioriteti/ves/ves_UR/Kirov_obl/Lepse2.pdf) (date of access: 30.10.2020). (In Russian)
6. *Popov V. M.* (2019) Using a mobile platform for a demonstration model of the aircraft // Actual problems and prospects of civil aviation development: proceedings of the VIII all-Russian scientific and practical conference with international participation. Irkutsk: Irkutsk branch of MSTU GA, 2019. Pp. 92-99. (In Russian)
7. Trading House «SINS AVIA» company // [Electronic source]. - 2020. URL: <https://cns-aviation.ru/o-kompanii/> (date of access: 29.10.2020). (In Russian)
8. *Zakharov O. G.* (2013) Reliability of digital devices in figures and diagrams // Vesti v elektroenergetike. 2013. No. 4. P. 42.(In Russian)
9. *Zdrachuk S. V.* (2017) Use of direct current electric drive in aviation automation devices // Actual problems and prospects of development of aviation equipment and methods of its operation-2017: proceedings of the X scientific and practical conference of students and postgraduates. Irkutsk: Irkutsk branch of MSTU GA, 2017. Pp. 201-209. (In Russian)