

## СОВРЕМЕННЫЕ СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ АВАРИЙНЫХ ПРИВодОВ ВЫПУСКА УБОРКИ ШАССИ

Г. К. Фролов<sup>1</sup>, В. К. Годовец<sup>2</sup>

<sup>1</sup>grisha-frolov-00@mail.ru, <sup>2</sup>godovetz.v@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНИТ)

**Аннотация.** В рамках большого разнообразия сконструированных гидравлических систем летательных аппаратов, предлагается рассмотрение схемных решений аварийных приводов выпуска шасси воздушных судов, предусматривающее подробный анализ современных способов управления рабочими органами и их регулирование, учитывающий энергетически эффективные резервные источники питания. Описывается принцип работы гидравлических аварийных систем, учитывающий их преимущества и недостатки в зависимости от выбора стандартных гидравлических устройств в составе систем некоторых самолётов и вертолетов. Аналитическим методом выявляется самое оптимальное техническое решение аварийного гидропривода выпуска шасси для эффективного срабатывания в момент аварии.

**Ключевые слова:** гидравлическая система, аварийный привод, резервные источники питания, гидравлические устройства, управление, регулирование, шасси.

### ВВЕДЕНИЕ

Современные гидравлические системы авиационных агрегатов являются важной и неотъемлемой частью авиационной техники, предназначенной для управления механизмами и системами, которые отвечают за безопасность полета [1]. На современных воздушных судах гидропривод имеет большое значение, наблюдается широкое использование подсистем рулевых поверхностей; взлетно-посадочной механизации; выпуска и уборки шасси; создания комфортных условий в кабине и прочих потребителей.

Стремление снизить взлетную массу самолётов и вертолётов, стоимость и объемы технического обслуживания привели в последние годы к значительным изменениям в конструкции авиационных гидроприводов. Примером тому может служить уменьшение количества централизованных гидравлических систем, появление новых схемных решений, создание автоматизированных аварийных систем выпуска и уборки шасси.

В данной статье рассматриваются вопросы положительных и отрицательных качеств двух основных типов гидроприводов современных авиационных аварийных приводов выпуска и уборки шасси, основанных на аналитическом анализе нескольких гидравлических подсистем самолётов.

На рис.1 иллюстрируется типовая структурная схема, демонстрирующая состав типового аварийного привода выпуска шасси для общего понимания.

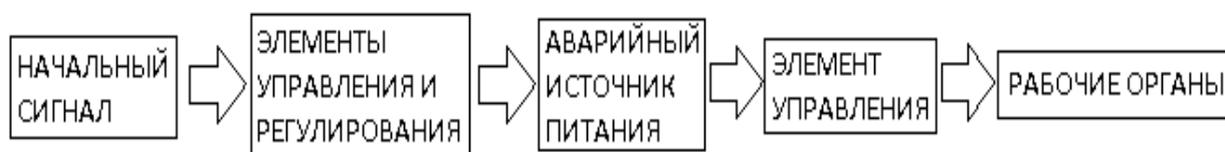


Рис. 1. Схема типового аварийного привода

### СОВРЕМЕННЫЙ АВАРИЙНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ

Блок Передачи Мощности (англ. *Power Transfer Unit*; далее БПМ) – это аварийный источник питания, используемый между двумя независимыми гидравлическими системами летательных аппаратов, для создания подачи в случае отказа одной из них. Питание происходит автоматически и передается через БПМ, представленный на рис. 2.

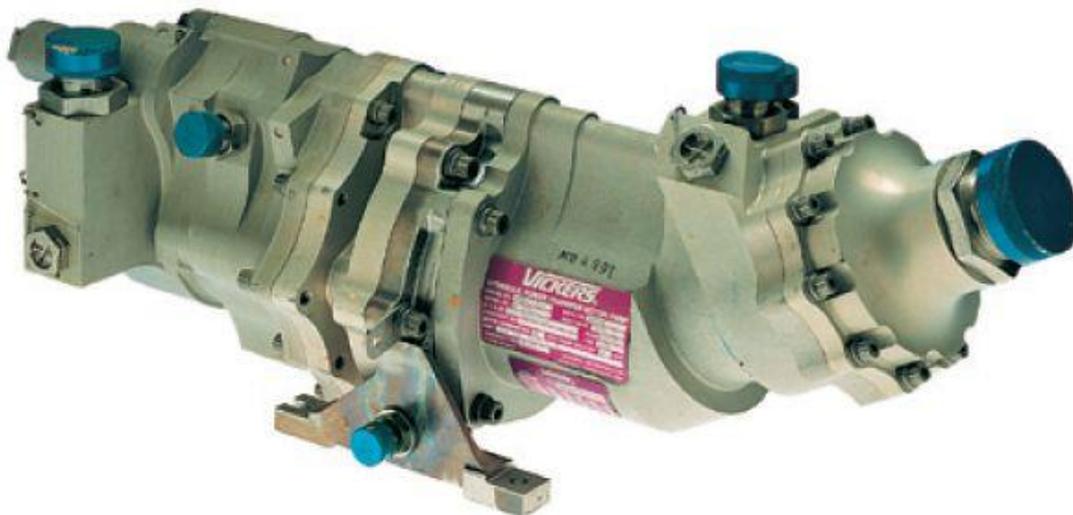


Рис. 2. Блок передачи мощности [2].

БПМ состоит из мотора и насоса, механически связанных между собой. Двигатель и насос используются для питания каждой из двух независимых систем. Поскольку одна гидравлическая система будет питать другую систему, то вторая система тоже сможет питать первую систему. Одним из важных моментов, которые следует учитывать здесь, является то, что передача энергии между системами не является передачей гидравлической жидкости. Работа выполняется механически. В каждой системе используется своя жидкость.

БПМ в гражданских самолётах чаще всего применяются для выпуска/уборки шасси в момент аварии. Существуют прототипы, имеющие более широкий диапазон возможностей: восстановление систем управления элеронами, руля поворота, руля высоты и так далее.

Благодаря таким качествам, как простота конструкции и дешевизна в сравнении с гидротрансформаторами, наибольшее распространение БПМ получили не только в гражданской, но и в военной сфере.

БПМ предназначены для эксплуатации в экстремальных климатических условиях при температуре окружающей среды от минус 50 до плюс 40 °С. Режим работы привода – тяжёлый.

### АВАРИЙНЫЕ ГИДРОПРИВОДА

Гидропривод аварийной системы гражданского самолёта (далее ГПАСГС) – совокупность взаимосвязанных устройств, предназначенных для передачи энергии от силовой установки летательного аппарата к гидроцилиндрам исполнительных устройств, без смешивания рабочих жидкостей. В общем случае ГПАСГС состоит из насосной станции, блоков передачи мощности, гидроцилиндров, управляющей гидроаппаратуры и напорных и сливных трубопроводов.

Классификация аварийных систем выпуска/уборки шасси летательных аппаратов представлена на рис. 3. По типу передачи сигнала на клапан-активатор различают электрические и механические, использование электрических активаторов увеличивает погрешность в определении аварийного режима гидросистемы летательного аппарата, так как слишком чувствительные датчики могут активировать аварийную систему несвоевременно, однако это упрощает гидросистему.

В качестве источника энергии в аварийных системах выпуска/уборки шасси летательных аппаратов используют БПМ, преобразующие энергию жидкости в механическую энергию и снова в гидравлическую. В теории для упрощения передачи мощности возможно использование и гидротрансформаторов.

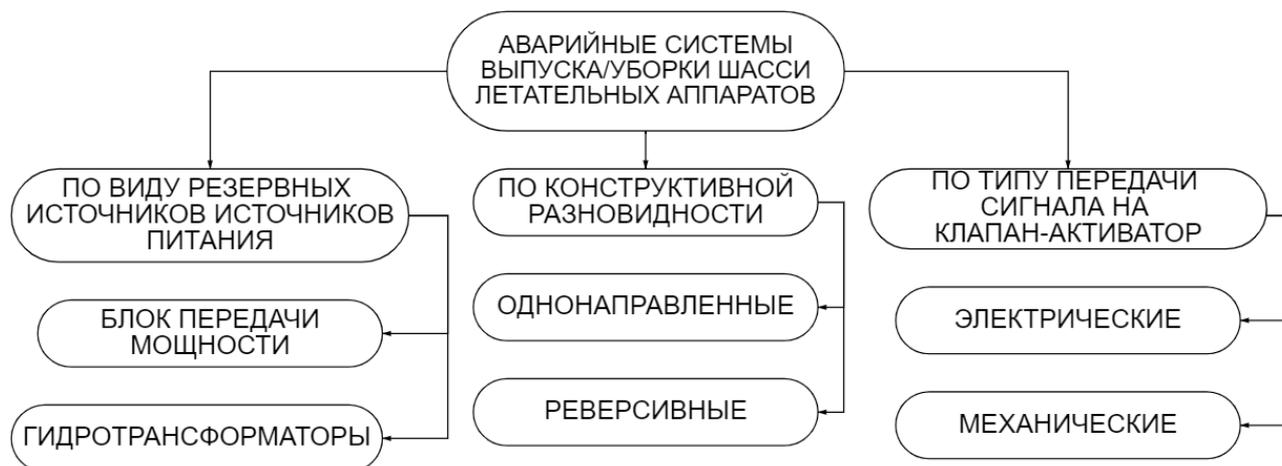


Рис. 3. Классификация принципов функционирования аварийных систем выпуска/уборки шасси летательных аппаратов

По конструктивной разновидности АС различают однонаправленные (рабочая жидкость от БПМ или гидротрансформаторов напрямую поступает в одну или несколько отказавших систем) и реверсивные (жидкости в двух разных гидросистем могут передавать энергию в случае отказа одной из двух гидросистем) ЛА. При этом свойство реверса имеют только БПМ, состоящие из двух реверсивных мотор-насосов.

Исходя из принципов функционирования гидропривод АС выпуска/уборки шасси должен удовлетворять следующим требованиям:

- источник резервного питания – БПМ постоянной производительности;
- гидродвигатели – равные расходы, поступающие в 3 гидроцилиндра;
- привод должен быть автоматическим и с повышенной точностью.

#### ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА САМОЛЁТА, СОДЕРЖАЩАЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ АВАРИЙНЫЙ ПРИВОД ВЫПУСКА/УБОРКИ ШАССИ

Гидравлическая система самолёта содержит аварийный привод выпуска шасси с блоком передачи мощности, в котором вспомогательный источник гидравлической энергии включает мотор 59 и насос 60, которые соединены общим валом 30. Вход насоса соединен дополнительной линией всасывания с полостью гидробака 4 с рабочей жидкостью левой подсистемы гидропитания, а его выход – с выходом дополнительной магистрали линии нагнетания левой подсистемы гидропитания. Дополнительная магистраль линии нагнетания правой подсистемы гидропитания соединена с входом упомянутого мотора 59 вспомогательного источника гидравлической энергии через электромагнитный клапан с пружинным возвратом 50, который выполнен с возможностью открытия и закрытия подачи рабочей жидкости. После распределителя 50, располагается ограничитель расхода 51, позволяющий уменьшить расход и перепад давления на входе в гидромотор 59. Основным источником питания для блока передачи мощности является регулируемый насос 8, работающий от вала приводного двигателя самолёта. Схема гидравлической системы летательного аппарата представлена на рис. 4.

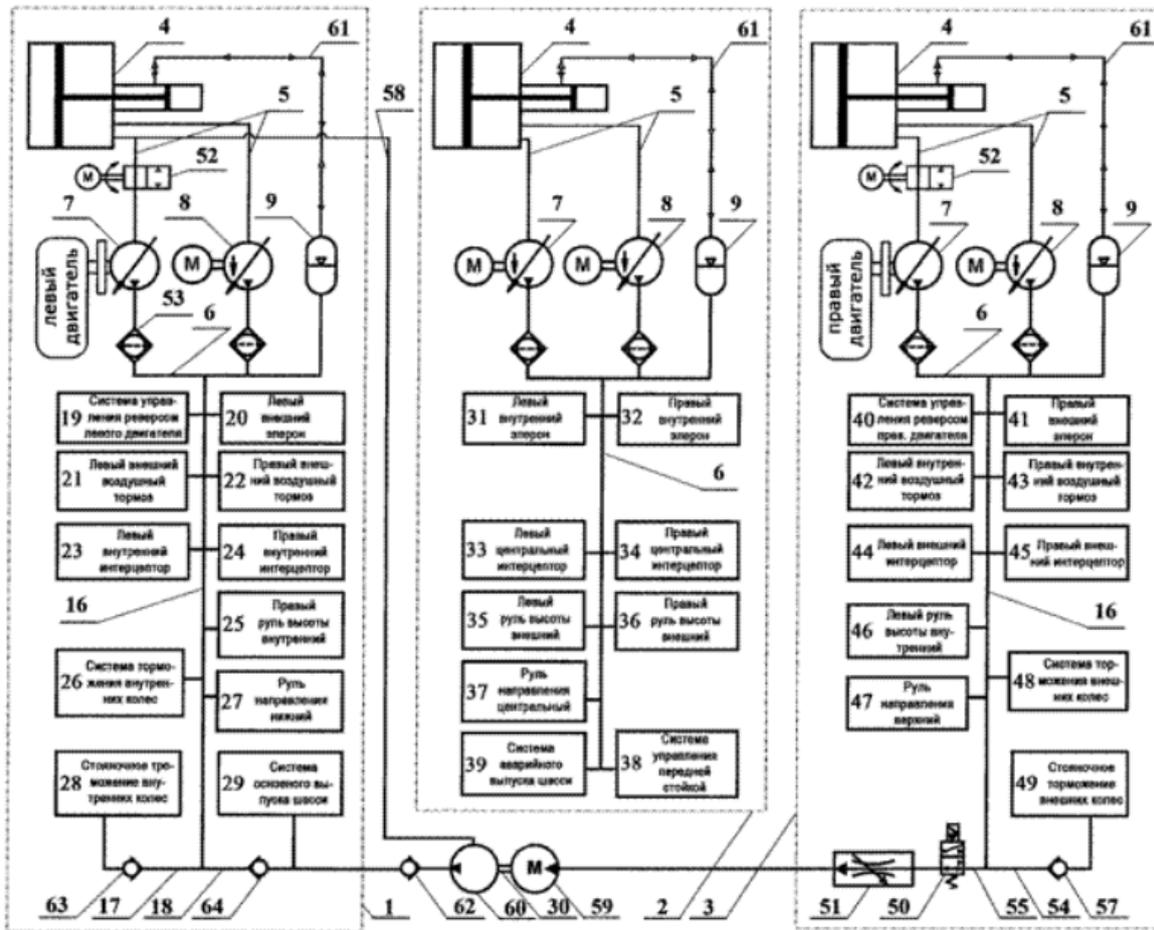


Рис. 4. Схема гражданского самолёта, включающая электрогидравлический привод аварийного выпуска-уборки шасси [3]

Недостатком данной системы является неустойчивая работа блока передачи мощности при изменении нагрузки на исполнительных гидродвигателях, что приводит к неконтролируемому изменению давления рабочей жидкости в гидросистеме как на входе в гидромотор, так и на выходе из насоса. Из-за колебаний давлений блок передачи мощности может как быстро ускоряться под нагрузкой, так и внезапно останавливаться, при этом каждый скачок давления может длиться только секунду, создавая режим остановки-запуска. Постоянное быстрое включение и выключение блока передачи мощности приводит ко многим негативным эксплуатационным факторам.

Несмотря на вышеуказанный недостаток, электрогидравлическая система имеет ряд преимуществ:

- электрогидравлическая система имеет одну из самых высоких скоростей передачи информационного сигнала, вплоть до 3000 м/с (в гидромеханических системах – 1000 м/с);
- такие системы в силу своей простоты удобны при монтаже и техническом обслуживании и имеют высокий коэффициент полезного действия.

### ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЙ АВАРИЙНЫЙ ПРИВОД ВЫПУСКА/УБОРКИ ШАССИ

Аварийный привод выпуска/уборки шасси самолета содержит насос 1 первой подсистемы, соединенный механически валом 2 с гидромотором 3 второй подсистемы, который подключен к питанию этой подсистемы, обратный клапан 4 и дроссель 5, преобразующий давление в линии нагнетания насоса в давление управления многопозиционным дросселирующим гидрораспределителем 6, изменяя баланс сил на его плунжере, ход которого ограничен пружиной.

Если баланс сил на плунжере нарушается, то многопозиционный гидрораспределитель 6 изменяет подачу рабочей жидкости к гидромотору 3, обеспечивающему соответствующий привод насоса.

Аварийный привод выпуска/уборки шасси работает следующим образом. При включении в работу потребителей (исполнительных гидродвигателей) давление в нагнетательной линии насоса 1 меняется величина давления, отражающая действительные нагрузки на потребителях первой подсистемы, снижается пропорционально в дросселе 5 до величины давления управления многопозиционным дросселирующим гидрораспределителем 6, определяющего подачу рабочей жидкости от второй подсистемы к гидромотору 3. Несмотря на работу гидрораспределителя 6 от двух подсистем, рабочие жидкости не смешиваются. Повышение быстродействия привода выпуска шасси достигается за счет передачи информации о действительной нагрузке на гидродвигателях при уборке и выпуске шасси посредством гидравлического сигнала, подаваемого на гидрораспределитель 6 и через гидромотор 3, соответственно на насос 1 для компенсации изменения нагрузки, что сокращает время переходных процессов при работе блока передачи мощности

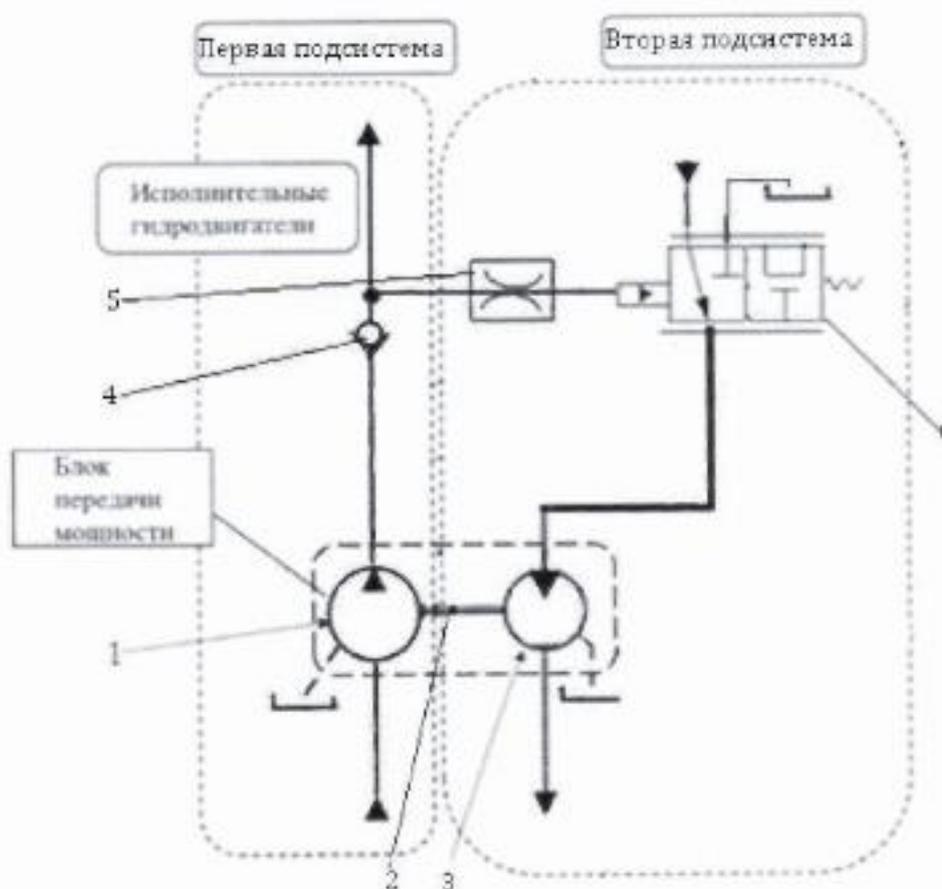


Рис. 5. Схема гидромеханического привода аварийного выпуска-уборки шасси [4]

Таким образом, представленный на рис. 5 аварийный привод выпуска шасси самолета обеспечивает регулируемую работу гидромотора в зависимости от требуемых действительных нагрузок на резервируемых исполнительных гидродвигателях. Отбираемая от основной подсистемы мощность для организации работы блока передачи мощности является автоматически регулируемой величиной. Также данная система более надёжная и проста в реализации поступательных и вращательных движений рабочих органов.

Несмотря на вышеуказанные положительные качества, гидромеханический привод имеет ряд недостатков:

- нестабильную работу при изменении температуры рабочей жидкости;

- сложность в обеспечении внешней герметичности;
- необходимость защиты от проникновения воздуха, наличие которого приводит к нестабильной работе гидропривода, большим гидравлическим потерям и нагреву рабочей жидкости;
- высокие гидравлические потери.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье представлены результаты аналитического анализа преимуществ и недостатков двух типов аварийных приводов выпуска уборки шасси летательных аппаратов и подробно расписаны из чего они состоят и как функционируют.

В заключение можно отметить, что оба варианта аварийных систем летательных аппаратов приемлемы и выполняют назначенную на гидравлическое оборудование работу. Первый вариант исполнения подходит для случаев, когда система должна срабатывать мгновенно, жертвуя точностью срабатывания рабочих органов, которые находятся под нагрузкой.

Вторая же версия исполнения системы подходит для случаев, в которых точность позиционирования выходного звена рабочих органов выпуска шасси предпочтительнее, чем их быстрое срабатывание.

В ходе сравнительного анализа были приведены разные преимущества систем, которые доказывают, что гидромеханические авиационные приводы не уступают по работоспособности электрогидравлическим системам.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидравлическая система самолета [Электронный ресурс]. URL: <https://avia.pro/blog/gidravlicheskaya-sistema-samoleta?ysclid=lf4z67ocd5249392703#bounce/> (дата обращения: 12.03.2023).
2. Flight Noise – What’s That Noise? [Электронный ресурс]. URL: <https://whatsthatnoise.com.wordpress.com/tag/flight-noise/> (дата обращения: 12.03.2023).
3. Гидравлическая система самолета [Электронный ресурс]. URL: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2455197&TypeFile=html/](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2455197&TypeFile=html/) (дата обращения: 12.03.2023).
4. Аварийный привод выпуска шасси [Электронный ресурс]. URL: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2780009&TypeFile=html/](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2780009&TypeFile=html/) (дата обращения: 12.03.2023).

### ОБ АВТОРАХ

**ФРОЛОВ Григорий Константинович**, ст. каф. ПГМ. Дипл. инженер-конструктор (УГАТУ 2022). Готовит дис. о блоках передачи мощности.

**ГОДОВЕЦ Владислав Константинович**, ст. каф. ПГМ. Дипл. инженер-конструктор (УГАТУ 2022). Готовит дис. о системах путевого управления.

### METADATA

**Title:** Modern circuit solutions emergency landing gear release drives.

**Authors:** G.K. Frolov<sup>1</sup>, V.K. Godovetz<sup>2</sup>

**Affiliation:**

Ufa I University of Science and Technology (UUST), Russia.

**Email:** <sup>1</sup> grisha-frolov-00@mail.ru, <sup>2</sup> godovetz.v@yandex.ru.

**Language:** Russian.

**Source:** Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 2 (28), pp. 132-138, 2023. ISSN 2225-9309 (Print).

**Abstract:** Within the framework of a wide variety of designed hydraulic systems of aircraft, it is proposed to consider circuit solutions for emergency drives for extending the landing gear of aircraft, providing a detailed analysis of modern methods of controlling working bodies and their regulation, taking into account energy-efficient backup power sources. The principle of operation of hydraulic emergency systems is described, taking into account their advantages and disadvantages, depending on the choice of standard hydraulic devices in the systems of some aircraft and helicopters. The analytical method reveals the most optimal technical solution for the emergency landing gear hydraulic drive for effective operation at the time of the accident.

**Key words:** hydraulic system; emergency drives; redundant power supplies; hydraulic devices; control; regulation; landing gear.

**About authors:**

**FROLOV, Grigoriy Konstantinovich**, Postgrad. (AFM) Student, Dept. of power transfer unit. Master of Technics & Technology (UUSAT, 2022).

**GODOVETZ, Vladislav Konstantinovich**, Postgrad. (AFM) Student, Dept. of track control system. Master of Technics & Technology (UUST, 2022).