

До переваг представлених залежностей, у порівнянні з існуючими, слід віднести те, що вони враховують змінність кута φ за довжиною каналу.

Перелік посилань

1. Петров Г.А. Гидравлика переменной массы. // Изд.-во Харьковского университета. - Х.: 1964. - 224 с.
2. Егоров А.И. Гидравлика напорных трубчатых систем в водопроводных очистных сооружениях. - М.:Стройиздат, 1984. – 95 с.
4. Кравчук А. М. Расчет перфорированных распределительных трубопроводов произвольной длины // Науковий вісник будівництва, ХДТУБА.- 2002. Вип. 20. С. – 72-78.

УДК 600-699 68

О.М. ЯХНО, док. техн. наук, **А.Н. МУРАЩЕНКО**, **А.П. ГУБАРЕВ**,
док. техн. наук,

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИВОДА МЕХАНИЗАЦИИ КРЫЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ЖИДКОСТИ

Статья посвящена анализу и обоснованию проблемы влияния температуры на работу систем гидроприводов самолетов. Рассмотрена гидравлическая система, её конструкция и принцип работы. В статье проведено определение реологических свойств и коэффициента гидравлического сопротивления для гидравлических элементов при изменении температурных условий эксплуатации авиационных и машиностроительных масел. Предложено способ проверки системы на работоспособность агрегатов в зависимости от выбора рабочих жидкостей для различных условий эксплуатации. Это позволит достичь стабильности и эффективности работы, что очень важно для всех видов транспорта, в особенности, если это относится к авиации.

Стаття присвячена аналізу і обґрунтуванню проблеми впливу температури на роботу систем гідроприводів літака. Розглянуто гідрравлічна система, її конструкція і принцип роботи. У статті проведено визначення реологічних властивостей і коефіцієнта гідрравлічного опору для гідрравлічних елементів при зміні температурних умов експлуатації авіаційних і машинобудівних масел. Запропоновано спосіб перевірки системи на працездатність агрегатів залежно від вибору робочих рідин для різних умов експлуатації. Це дозволить досягти стабільності і ефективності роботи, що дуже важливо для всіх видів транспорту, особливо, якщо це відноситься до авіації.

This article analyzes the rationale and problems of temperature influence on the work of hydraulic systems of aircraft. We consider about the hydraulic system, her design and operation principle. In the article is viding the definition of the rheological properties and the coefficient of hydraulic resistance for the hydraulic elements when the temperature conditions of operation of aircraft and machine oils changes. There is represent a method for testing the system on the performance of units depending on the choice of working fluids for different operating conditions. This allows

achieve the stability and efficiency, which is very important for all transport models, especially if it relates to aviation.

Рабочим телом гидравлических систем у самолётов используются авиационные масла синтетического и минерального типа. Используются как жидкости для гидросистем дозвуковых и сверхзвуковых авиаций. Характер работы системы во многом определяется свойствами использованной жидкости. Приведем краткие физико-химические характеристики широко используемых рабочих масел таких как: АМГ-10, НГЖ-5у, МГ-8А, Esso Nuto H, Скайдрол ЛД-4К.

Минеральное масло АМГ-10. Нейтральное к стали и дюралюминию, а его вязкость изменяется по температуре незначительно[5]. Масло АМГ-10 (ГОСТ 6794-75) - для гидросистем авиационной и наземной техники, работающей в интервале температур окружающей среды от -60 до 125°C. Однако это масло пожароопасная при температуре более 120°C.

Вязкие гидравлические масла МГ-8А (ТУ 38.1011135-87) представляет собой смесь дистиллятного и остаточного компонентов с добавлением депрессорной, антипенной и многокомпонентной (улучшающей антиокислительные, антикоррозионные и диспергирующие характеристики) присадок. Обладает достаточно высоким уровнем противоизносных свойств.

Синтетические масла серии Esso Nuto H. Представляют собой гидравлические жидкости с высокими противоизносными свойствами, предназначенные для промышленной и автомобильной техники, где эти свойства особенно востребованы. Их высокий уровень устойчивости к окислению и химической стойкости способствует предотвращению образования отложений и снижает вероятность возникновения перебоев в работе систем и заедания клапанов. Класс вязкости ISO 10 – 32; кинематическая вязкость: при 40°C 10-32 сСт, при 100 °C - 2,71-5,4 сСт; температура застывания, -(36 - 24) °C; температура вспышки, 170 – 212 °C; плотность при 15°C, 0,85-0,872 кг/л.

Рабочая жидкость НГЖ-5у - синтетическая взрывопожаробезопасная, эрозионностойкая жидкость на основе смеси эфиров фосфорной кислоты, содержащая пакет присадок, улучшающих вязкостные, антигидролизные, антиокислительные, антикоррозионные и антиэрозионные свойства. Используют в гидросистемах самолетов ИЛ-86, ИЛ-96, ТУ-204 и др. Температурный интервал использования жидкости НГЖ-5у составляет - 60...+150°C при номинальных давлениях до 21 МПа.

Гидравлическая жидкость Скайдрол ЛД-4 (Skydrol LD-4) является зарубежным аналогом российской НГЖ-5У [4]. Производится на основе фосфатных эфиров и эксплуатируются в авиационных системах уже более 50 лет, неизменно демонстрируя превосходное качество. Все жидкости Skydrol типа IV совместимы и смешиваемость между собой. Жидкости Skydrol совместимы с жидкостями других производителей, включая гидрожидкость российского производства. Физико-химические характеристики жидкости Skydrol: кинематическая вязкость, мм²/с (сСт) при -54°C - 1185, при 38°C - 40

11,42, при 99°C - 3,93. Температура загустения <-62°C. Плотность при 37°C - 0,990, г/см³.

Все выше перечисленные жидкости используются в различных гидравлических системах. Практически ни один из современных самолетов или вертолетов не обходится без гидравлической системы, обеспечивающей работу органов управления, механизации крыла, уборку и выпуск взлетно-посадочных устройств и других органов воздушного судна, перемещение которых требует больших усилий.

Гидравлическая система самолета предназначена для уборки и выпуска шасси, поворота колес переднего шасси, торможения колес основного шасси, выпуска и уборки закрылков, привода стеклоочистителей и т.п. Гидравлический комплекс самолета предназначен для питания рабочей жидкостью следующих потребителей: приводов системы управления самолетом и механизации крыла; сети уборки-выпуска шасси; механизмов поворота колес передней опоры; сети торможения колес; сети управления стеклоочистителями; и др.

Надежность гидропитания потребителей обеспечивается тем, что каждая рулевая поверхность управляется от всех четырех гидросистем, тормоза работают от трех гидросистем, а ответственные потребители (закрылки, шасси и т.д.) - от двух гидросистем [2]. Менее ответственные потребители и потребители, которые работают только на земле, управляются от одной гидросистемы. Гидроприводы систем могут состоять с различных элементов, каналов разной геометрической формы и длины.

В статье рассмотрена работа гидропривода самолета (в частности семейства Ан) и влияние на её температурного фактора.

Комбинированный привод механизации (КПМ-148Н) работает следующим образом. После заполнения гидросистемы и подачи рабочей жидкости к штуцеру «вход» привода рабочая жидкость по каналу, полости, открытому электрогидравлическому клапану, заполняет пружинную полость клапана запорного. В исходном состоянии выходной вал привода заторможен тормозами гидромеханическим и электромеханическим. Электрогидравлические клапаны обесточены. Золотники, клапанов управления и золотник регулятора расхода отжаты усилиями пружины. При этом кромками золотников и перекрыты полости подвода рабочей жидкости. Полости гидромотора через каналы, окно во втулке регулятора, жиклер и канал соединены со сливом.

Работа привода в основном режиме осуществляется подачей напряжения питания на электрогидравлический клапан. При срабатывании полость пружины клапана запорного по каналу сообщается с линией слива, поршень перемещается в сторону пружинной полости, открывая седло клапана. Рабочая жидкость через каналы и подводится к расточкам клапанов управления. Для выпуска закрылков (предкрылков) одновременно с подачей напряжения на ЭГК1 подается напряжение питания на электроклапан ЭГК3. При срабатывании ЭГК3 (шарик отжимается) полость пружины золотника по каналам сообщается

с линией слива. Золотник, под действием давления рабочей жидкости со стороны торцевой полости, перемещаясь в сторону пружины, открывает расточку, сообщает линию входа в привод с линией входа в гидромотор и перекрывает отверстие клапана. После выполнения выходным валом привода полного рабочего хода, срабатывает микровыключатель положения «ВЫПУЩЕНО».[4] После чего обесточиваются электроклапаны ЭГК1 и ЭГК3. При этом закрывается слив через ЭГК1. Давление в пружинной полости клапана запорного растет. Поршень перемещается, закрывая седло клапана. Подвод рабочей жидкости от гидросистемы объекта в канале перекрывается. Золотник отжимается пружиной, открывается отверстие.

Дальнейшая работа привода аналогична операции выпуска.

Для расчета привода, каждый канал имеет свою нумерацию в соответствии работы системы. При подаче рабочей жидкости, по каналам l_1' , l_1'' и l_4 заполняется система. В дальнейшем при срабатывании запорного клапана КЗ по каналам l_2 , l_6 , l_7 , l_{11} жидкость попадает под торцы золотников управляющих клапанов ЭГК (КУ), КУ, ЭГК (КВ) и КВ (рис.1). Каналы l_{11}' , l_8 , и l_{15} являются каналами управления работой клапанов КЗ, КВ и КУ. В режиме «уборки» одновременно срабатывают запорный клапан КЗ и управляющий клапан уборки КУ. При этом линия нагнетания будет проходить по каналам l_1' , l_1'' , l_2' , l_2'' , l_8 , l_{13} , l_3' , l_3'' (на рис.1 – позиция I). Линия слива (позиция II) и будет проходить по каналам l_{17}' , l_{18} , l_{18}' , l_{18}'' , l_{12} и l_{19} .

Рассмотрим зависимость вязкости в системе комбинированного привода самолета.

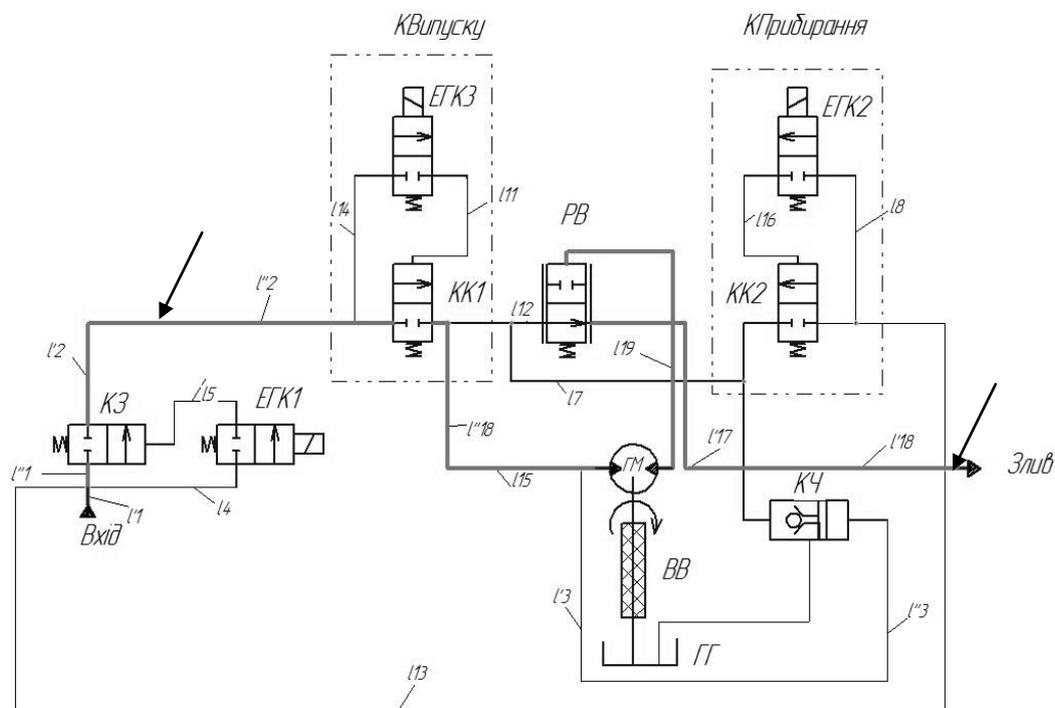


Рис.1. Принципиальная расчетная схема КПМ

(КЗ – клапан запорный, КВ – клапан выпуска закрылок (КК1- клапан управления выпуском), КП – клапан уборки закрылок (КК2 - клапан управления уборки), РВ – регулятор расхода, ЕГК1, ЕГК2, ЕГК3 - электрогидравлические клапаны, КЧ - клапан челночный, ГМ - гидромотор, ВВ- выходной вал, ГГ – гидравлический тормоз)

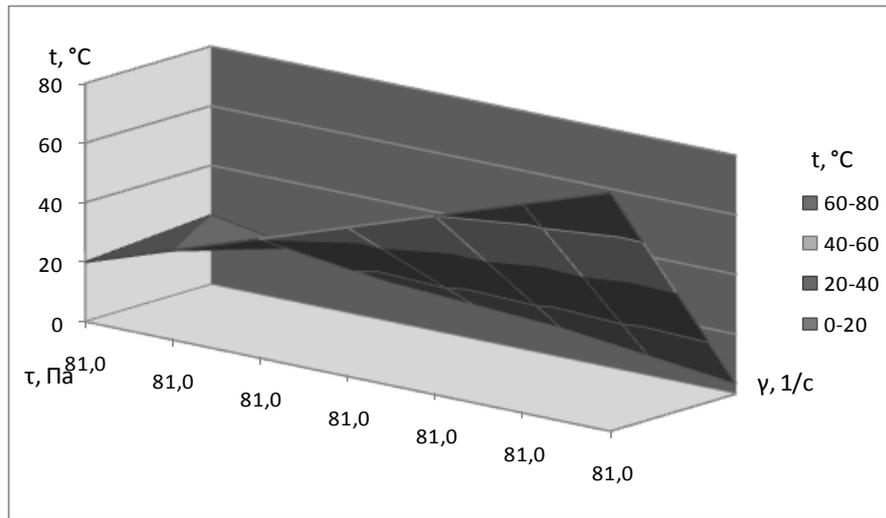


Рис.2. Реологическая зависимость вязкости масла АМГ-10 от температуры и градиента скорости γ

На рис.2 показано как изменяется вязкость масла АМГ-10 в диапазоне температур от 20 до 80 °С при постоянном градиенте скорости течения. За результатом эксперимента, было замечено, что эта жидкость изменяет свои реологические свойства следующим образом: при $t < 50$ °С – это ньютоновская жидкость, а при более высших температурах – неньтоновская типа жидкости Освальда де Виля [5].

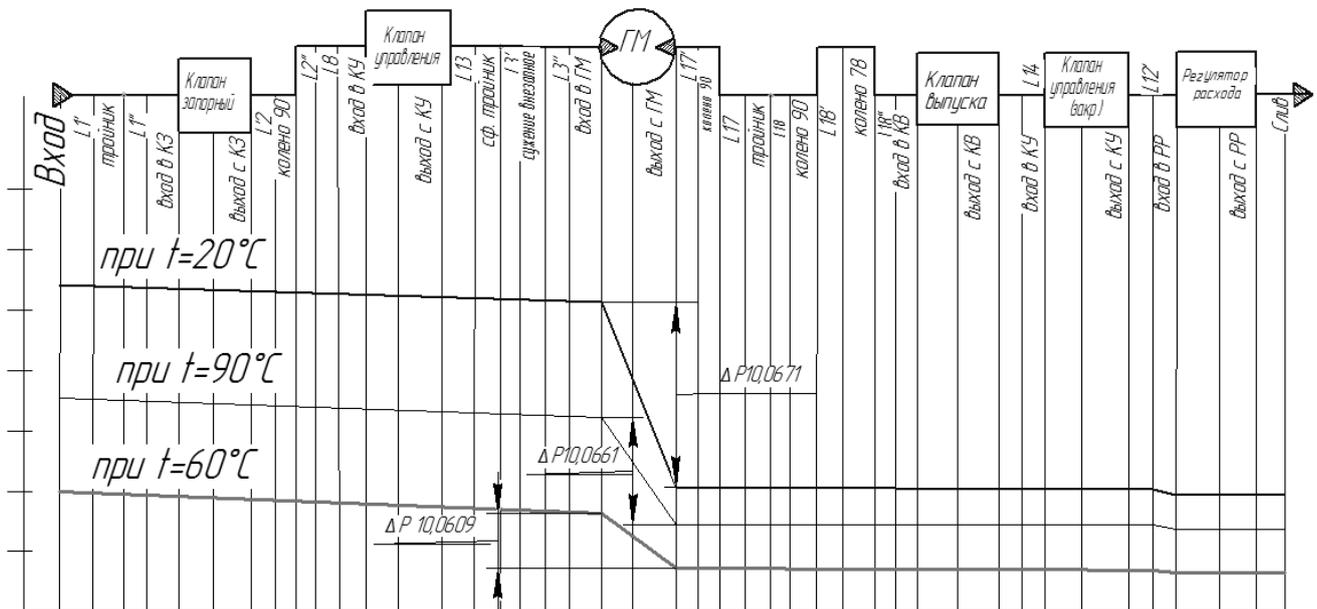


Рис.3. Распределительная оценка перепада давления в системе от температуры (масло АМГ-10)

Перепад давления в системе комбинированного привода самолета с использованием масла АМГ-10 может быть представлен как на рис.3.

Как видно с рис.3 изменение перепада давление до входа в гидравлический мотор (ГМ) незначительно, а в ГМ имеем скачок перепада

давления. Сравнительные значения перепада давлений при различных температурах в системе с использованием разных типов рабочих жидкостей представлено в таблице 1.

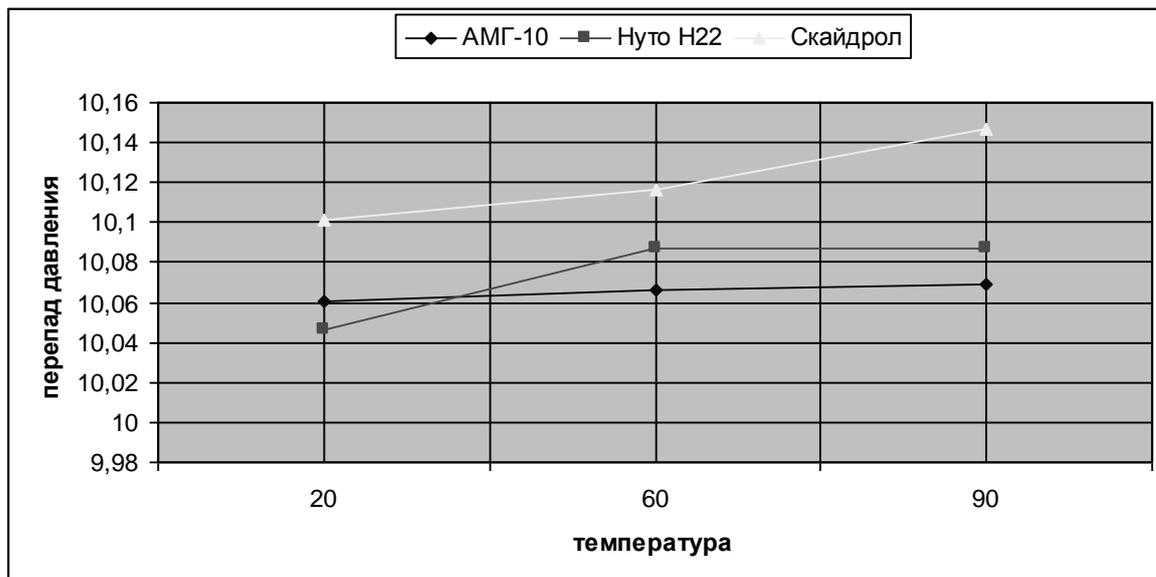


Рис.4. График зависимости перепада давления от температуры на моторе

Из графика зависимости перепада давлений в гидравлической системе самолёта от температуры (рис.4) можно сделать следующие заключения. Значение перепада давления для масла Нуто Н22 имеет нелинейный характер,

Таблица №1. Значение перепада давления в зависимости от температуры

Температура, t°С	Перепад давления, ΔР, МПа		
	АМГ-10	Нуто Н22	Скайдрол
20	10,0671	10,0872	10,1472
60	10,0609	10,0467	10,11614
90	10,0661	10,0873	10,10099

что говорит о нестабильности работы системы при изменении температуры и вязкость определяется $\mu = \mu_0 \cdot e^{E/RT}$, где $\mu = \mu_0$ - значения динамического коэффициента вязкости, это уравнение для неньтоновской жидкости [1]. Для масел АМГ-10 и Скайдрол наблюдается линейная зависимость, что говорит о более стабильной работе, и о том, что вязкость этих масел оценивается формулой $\mu = \mu_0 \cdot e^{\alpha}$ (где $\alpha = \text{const}$), это ньтоновские жидкости, так как коэффициент пропорциональности E/RT постоянная величина.

Выводы

Надежность и ресурс техники в значительной мере зависят от того, в какой степени применяемые смазочные материалы и технические жидкости соответствуют требованиям, предъявляемым в данных эксплуатационных

условиях. Любое несоответствие неизбежно влечёт за собой существенные потери, обусловленные повышенными затратами на ремонт и вынужденными простоями техники.

Надежность, живучесть и долговечность гидросистемы достигается совершенством конструкции агрегатов, многократным резервированием, как источника энергии, так и гидроприводов, автоматизацией управления, контроля работы и информации экипажа.

В ходе работы был проведен анализ рабочих жидкостей, наиболее часто используемых в авиационном гидроприводе. Было выяснено что индекс вязкости и температура вспышки в синтетических базовых масел выше, а температура застывания значительно ниже, чем в минеральных масел.

На основе анализа структуры авиационного привода КПМ построена гидравлическая модель, которая позволяет смоделировать работу авиационного гидропривода при изменении гидравлических и конструктивных параметров.

В ходе проведенных исследований было выявлено следующее. При использовании в гидравлической системе рабочего масла Нуто Н22, наблюдалась не стабильная работа гидропривода (рис. 4). При использовании рабочих жидкостей АМГ-10 и Скайдрол – значения перепада давления в зависимости от температуры изменялись более стабильно, что гораздо лучше влияет на эффективность работы КПМ. Учитывая проведенное исследование необходимо заметить, что замена одного типа масел в гидравлических системах самолёта другим связано с необходимостью детального изучения реологических свойств рассматриваемых масел.

Перелік посилань

1. Евдокимов И.М., Елисеев Н.Ю.. Молекулярные механизмы вязкости жидкости и газа, М., 2005.
2. Каминер А.А., Яхно О.М. Гидромеханика в инженерной практике. - К.: Техника, 1987. - 175 с.
3. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я.М. Вильнер, Я.Т. Ковалев, Б.Б. Некрасов и др.; Под. ред. Б.Б. Некрасова. - 2-е изд., перераб. и дополн. - Минск: Высшая школа, 1985. - 382 с.
4. Трофимов В.А., Яхно О.М., Губарев А.П., Солонин Р.И.. Рабочие жидкости систем гидропривода, К.: НТУУ «КПИ», 2009. – 184 с.
5. Яхно О.М., Дубовицкий В. Ф.. Основы реологии полимеров, К., 1976. – 186 с.