

5. Вычисление результирующего момента сил относительно центра масс ротора в системе координат $O_p X_p Y_p Z_p$.

6. Вычисление угловых ускорений ω'_{xp} , ω'_{yp} , ω'_{zp} по выражению:

$$\begin{cases} \omega'_{xp} = \frac{M_{xp} - (I_{zp} - I_{yp}) \cdot \omega_{yp} \cdot \omega_{zp}}{I_{xp}} \\ \omega'_{yp} = \frac{M_{yp} - (I_{xp} - I_{zp}) \cdot \omega_{zp} \cdot \omega_{xp}}{I_{yp}} \\ \omega'_{zp} = \frac{M_{zp} - (I_{yp} - I_{xp}) \cdot \omega_{xp} \cdot \omega_{yp}}{I_{zp}} \end{cases} \quad (7)$$

Диагностика гидроагрегата по результатам измерения биений вала является задачей, обратной расчету биений при известном наборе дефектов. Она сводится к определению дефектов, при которых биения совпадают (или практически совпадают) с измеренными.

Таким образом, по результатам работы выявлены и проанализированы основные дефекты гидроагрегата, приводящие к повышенной вибрации. Обосновано влияние вибрации на работу гидроагрегата, в качестве примера проанализировано вибросостояние гидроагрегата и составлены рекомендации для дальнейшей работы на основе результатов. Для дальнейшего развития предопределения дефектов на основных узлах гидроагрегата представлено математическое описание движения ротора, рассмотрены и УДК 681.12

выведены математические преобразования, необходимые для численного решения уравнений этого движения. Данная математическая модель может быть использована в совокупности с программно-техническим комплексом для построения цифровых двойников работы основного оборудования ГЭС.

Список литературы

1. Бондаренко Н.Е., Зенина Е.Г. Анализ дефектов гидроагрегата и разработка алгоритма моделирования движения ротора гидроагрегата. / Научно-технический журнал «Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт». – № 2 (31). – Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, 2020 г. – С. 24-28.
2. СТО 17330282.27.140.001 – 2006 «Методики оценки технического состояния основного оборудования гидроэлектростанций.»;
3. Русов В.А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам. – Пермь, 2012 г. – 244 с.;
4. РД 34.31.303-96 «Методические указания по эксплуатационному контролю вибрационного состояния конструктивных узлов гидроагрегатов.»;
5. Глазырин Г.В. Разработка моделей и методов вибрационной диагностики агрегатов гидроэлектростанций: дис. канд. тех. наук: 05.14.02. – Новосиб. гос. тех. университет, Новосибирск, 2006 – 338 с.

ДОЗИРОВАНИЕ ПРОТИВОКРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ПОТОК АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА РАСХОДОМЕРАМИ НА ОСНОВЕ РОЛИКО-ЛОПАСТНЫХ ГИДРОМАШИН

Думболов Д.У.

*кандидат технических наук, доцент,
профессор Академии военных наук РФ*

Тюнин С.В.

аспирант

Дикий П.В.

старший научный сотрудник

*25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии
Министерства Обороны Российской Федерации,
г. Москва*

FEED RATE OF ANTICRYSTALLISING LIQUIDS INTO AVIATION FUEL FLOW STREAM BY WAY OF FLOW-METERS ON THE BASIS OF ROLL-BLADED HYDRAULIC MACHINE

D.U. Dumbolov

*Ph.D, associate professor and
professor of the Academy of Military Sciences*

S.V. Tyunin

assistant professor

P.V. Diky

senior research associate

*The 25th State Research Institute of Himmotology
Ministry of Defense of Russian Federation,
Moscow*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен вопрос о системе измерения расхода маловязких топлив расходомерами на основе ролико-лопастных гидромашин, установлен состав функциональных блоков и последовательности их формирования, определён перечень показателей гидродинамических параметров. Приводится анализ недостатков имеющихся средств контроля горючего, представлен ряд преимуществ ролико-лопастных гидромашин.

ABSTRACT

The article deals with the issue of low-viscosity fuel flowmeter system by way of flow-meters on the basis of a roll-bladed hydraulic machine, the functional module composition is proved as well as the successiveness of their formation, the list of hydrodynamic parameters is determined.

Ключевые слова: ролико-лопастная гидромашинка, топливо, противоводокристаллизационная жидкость, насос-дозатор.

Key words: roll-bladed hydraulic machine, fuel, anti-water crystallization liquid, flow-control pump.

Обеспечение качества горюче-смазочных материалов в системе авиатопливообеспечения является одним из приоритетных направлений и предусматривает комплекс мероприятий по обеспечению приёма, хранения, внутри складских перекачек, учёта, выдачи и заправки воздушных судов (ВС) топливом для реактивных двигателей (далее – топливом) как в чистом виде, так и в смеси с противоводокристаллизационными жидкостями (ПВКЖ), а так же осуществление контроля количественных и качественных характеристик топлива и ПВКЖ.

Введение ПВКЖ в топливо для предупреждения образования кристаллов льда в топливе и забивки ими фильтрующих элементов ВС производится:

- при подготовке топлива для выдачи его на заправку – на складе горючего при заполнении расходных резервуаров с помощью переносных или стационарного типа дозаторов – в поток топлива во всасывающую линию насоса;

- в процессе заправки ВС – в поток топлива в напорный трубопровод автомобильного средства заправки и транспортирования горючего (АСЗТГ) и централизованной заправки топливом (ЦЗТ).

Точность дозирования при введении ПВКЖ-жидкости должны обеспечивать:

- 0,1 % ПВКЖ – $\pm 0,02$ % масс.;
- 0,2 % ПВКЖ – $\pm 0,015$ % масс.;
- 0,3 % ПВКЖ – $\pm 0,01$ % масс.

В настоящее время в АСЗТГ и ЦЗТ используются счетчики и сопряженные с ними дозаторы ПВКЖ ДКР 2,7 – 4,8 А1 и ДКР 4,1 – 7,1 А1 немецкой компании Alfons Naag.

Исходя из физико-химических свойств топлив и ПВКЖ основные параметры (характеристики) комплекта оборудования дозированного введения ПВКЖ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные параметры (характеристики) комплекта оборудования дозированного введения ПВКЖ

№ п/п	Наименование параметра (характеристики), единица измерения	Значение параметра (характеристики)
1	Дозируемая ПВКЖ	жидкость «И» по ГОСТ 8313
2	Авиатопливо	топлива для реактивных двигателей
3	Содержание ПВКЖ в авиатопливе для положений переключателя устройства регулирования дозирования, % (объем): «0» «0,1% (масс.)» «0,2% (масс.)» «0,3% (масс.)»	0 0,085 \pm 0,015 0,175 \pm 0,025 0,255 \pm 0,020
4	Рабочее давление авиатоплива на счётчике- расходомере, МПа	не более 1,6
5	Рабочий диапазон подачи авиатоплива через счётчик-расходомер, обеспечивающий работу дозирующего устройства с заданными характеристиками, м ³ /ч	от 4,8 до 90
6	Номинальная тонкость фильтрации ПВКЖ, мкм, при её приёме в расходно-контрольную ёмкость; при её выдаче из расходно-контрольной ёмкости	не более 15 не более 5
7	Климатическое исполнение	УХЛ категории размещения I по ГОСТ 15150

№ п/п	Наименование параметра (характеристики), единица измерения	Значение параметра (характеристики)
8	Условный диаметр трубопровода на входе в дозирующее устройство, мм	не менее 20
9	Вместимость расходно-контрольной ёмкости для ПВКЖ, л	90, 180

Указанные в таблице 1 основные параметры (характеристики) комплекта оборудования дозированного введения ПВКЖ для летательных аппаратов авиации можно реализовать двумя способами:

1. Доработка существующих немецких механических дозаторов, путем замены поршней дозирующей системы, при этом дозатор будет работать только с топливозаправочными системами, где требуется дозирование в массовых единицах.

2. Разработка системы дозирования жидкой присадки с насосом-дозатором с приводом от шагового электродвигателя с микропроцессорным управлением – позволит работать как с системами с массовым, так и объемным дозированием.

В результате экспериментально-теоретической работы, авторами исследована система дозирования жидкой присадки в топливо с использованием насоса-дозатора с приводом от шагового электродвигателя и микропроцессорным управлением [1-3], которая в полной мере соответствует требованиям по дозированию ПВКЖ как для гражданской, так и военной авиации.

Система дозирования жидкой присадки в топливо, представленная на рисунке 1, содержит шаговый электродвигатель, подключенный к насосу-дозатору присадки, датчик расхода жидкой присадки и датчик плотности жидкой присадки, блок управления последовательностью операций дозирования, к входам которого подключены датчики плотности топлива и жидкой присадки, датчики расхода топлива и жидкой присадки.

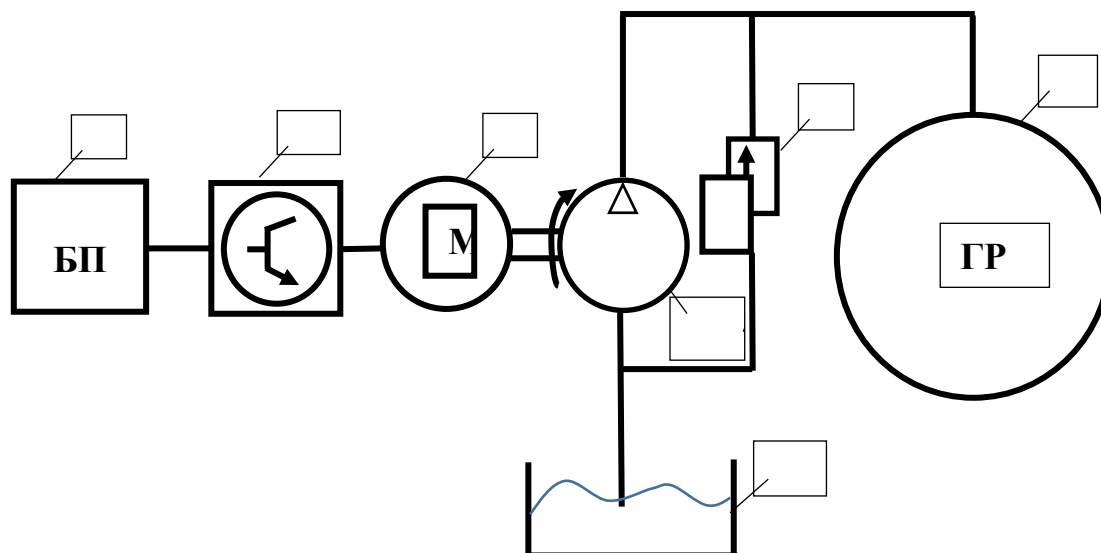


Рисунок 1 – Система дозирования жидкой присадки в топливо

1 – блок питания; 2 – блок управления; 3 – безколлекторный двигатель; 4 – дозирующий насос жидкой присадки «И» с датчиками давления и частоты вращения ротора; 5 – предохранительный клапан; 6 – главный расходомер (ролик-лопастной) с датчиками плотности, давления и частоты вращения ротора; 7 – ёмкость с жидкой присадкой «И».

Устройство работает следующим образом. Перед началом заправки летательного аппарата в блок управления вводится расчётное количество необходимого топлива либо в объёмных величинах, либо в массовых величинах, и вводится на это количество топлива расчётное значение количества жидкой присадки в диапазоне от 0,1 до 0,3 % также в объёмных или в массовых величинах. Жидкая присадка находится в баке. С датчика плотности присадки сигнал поступает в блок управления. По сигналу блока управления открывается подача топлива и оно начинает поступать к летательному аппарату. При этом

происходит измерение текущих значений расхода топлива и плотности топлива и сигналы с датчиков поступают в блок управления. Блок управления включает электродвигатель насоса-дозатора, установленного на трубопроводе подачи жидкой присадки. Жидкая присадка из бака по трубопроводу через фильтр, насос-дозатор и датчик расхода попадает в поток топлива, проходящий по трубопроводу. При этом датчик расхода непрерывно считывает количество присадки и передает информацию в блок управления. В процессе заправки датчик плотности топлива и датчик плотности присадки постоянно передают

информацию в блок управления. Блок управления вычисляет на основании полученных данных массовый объём жидкой присадки и определяет количество жидкости, вводимое в топливо.

Полученные результаты измерения и вычислений блок управления сравнивает с заданными значениями, введёнными в блок, и по сигналу рассогласования подает сигнал на управляющий вход электродвигателя насоса-дозатора, который соответственно либо снижает, либо повышает подачу жидкой присадки в поток топлива в пределах от 0,1 до 0,3 % от количества подаваемого топлива.

В случае если значения параметров, полученных от датчика расхода топлива и датчика расхода жидкой присадки, датчиков уровня, выходят за пределы допустимых значений, блок управления подаёт сигналы на механизм, который перекрывает подачу топлива и на управляющий вход электродвигателя, который останавливает насос-дозатор.

Одним из вариантов приборного контроля расхода ПВКЖ в системе дозирования жидкой

присадки является использование насоса-дозатора на основе ролико-лопастной гидромашины [4-6].

В ролико-лопастной гидромашине ротор и ролики-разделители вращаются в герметичном корпусе потоком измеряемой среды. Синхронность вращения ротора и роликов обеспечивается зубчатым механизмом синхронизации. Цилиндрической уплотняющей поверхностью ролики-разделители катятся по цилиндрической поверхности ротора. Вращающиеся детали установлены на подшипниках скольжения или на шариковых подшипниках качения. Рабочая среда (жидкость или газ) подводится через канал и давит на лопасть ротора. Попав в выходной канал рабочая среда может только через кольцевое рабочее пространство, расположенное напротив роликов-разделителей. Из подводящего в отводящий канал через межроликовое пространство рабочая среда не проникает, т.к. в любой момент времени положение роликов-разделителей таково, что полость между ними и каналами заперта рисунок 2.

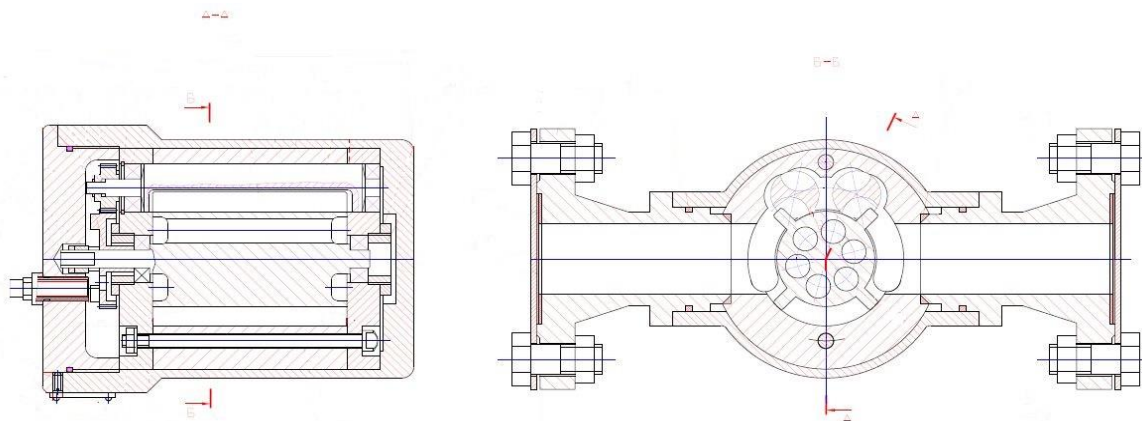


Рисунок 2 – Схема ролико-лопастной гидромашины

Насос-дозатор оснащается показывающим электронным прибором и имеет выход на вторичный электронный прибор или компьютер, управляющий механизмами дозирования. Для метрологического применения или при необходимости проведения высокоточных измерений в технологических процессах, насос-дозатор оснащен датчиком с высокой разрешающей способностью (до капли в 1 секунду).

Исследованиями гидродинамических процессов в рассматриваемой системе при дозировании жидкой присадки в топлива установлено:

- интенсивность гомогенизации компонентов смеси возрастает с повышением температуры топливной смеси и снижается с возрастанием кислотности, вязкости, плотности смеси и её компонентов.

- увеличение времени перемешивания и происходящая при этом диффузия приводит к улучшению процесса качества гомогенизации.

Однако в некоторых случаях диффузия может вредно влиять на гомогенизацию поскольку может происходить доизмельчение составляющих или происходить нежелательные реакции между составляющими;

- при смешивании большого количества одного компонента с малым количеством других компонентов вероятность равномерного распределения компонентов в объеме сети уменьшается. В этом случае рационально проводить многоступенчатое перемешивание;

- степень смешения и гомогенизации уменьшается при увеличении разности диаметров частиц смешиваемых компонентов;

- физико-химические показатели компонентов топливной смеси должны рассчитываться по показателям, обеспечивающим заданную интенсивность гомогенизации;

- гомогенизация должна рассматриваться как технологический процесс, производимый над многофазной системой, в ходе которого уменьшается степень неоднородности

распределения химических веществ и фаз по объёму гетерофазной системы. Гомогенизацию инициируют смешивание, диспергирование и диффузия компонентов смеси. Гомогенизация должна происходить одновременно с этими процессами.

Вместе с тем, на гидродинамические процессы в системе дозирования жидкой присадки в топливо насосом-дозатором на основе ролико-лопастной гидромашины существенное влияние оказывают такие факторы, как конструктивные особенности насоса-дозатора указанного типа, а также режимы его работы.

Изучение влияния указанных факторов позволит обосновать оптимальные технические параметры насосов-дозаторов на основе ролико-лопастной гидромашины и применить их для системы дозирования ПВКЖ при эксплуатации летательных аппаратов военной и гражданской авиации, использование которых даст ощутимый экономический эффект и обеспечит безопасную эксплуатацию летательных аппаратов.

Литература:

1. Домогацкий В.В. Создание гидропередачи на базе роликолопастных машин // Строительные и дорожные машины. – 2009, – № 5, – С. 30-34.
2. Зарецер Е.Я., Зарецер Я.М., Думболов Д.У., Севрюков И.Т., Лысенко М.Ю., Кирилов А.В. Система дозирования жидкой присадки в поток топлива // Патент РФ на изобретение № 2640664, Опубл. 11.01.2018
3. Литвиненко А.Н., Думболов Д.У., Галиахметов Р.Ф. Технологии и установки для очистки и продления срока службы смазочно-охлаждающих жидкостей // Химическая техника. – 2007. – №8. – С.37
4. Коваленко В.П., Думболов Д.У., Сыромятников В.И. Способ измерения расход углеводородного горючего в потоке // Международный технико-экономический журнал. – 2010. – № 4. – С.6.
5. Зарецер Я.М., Думболов Д.У., Еремин В.Н., Асметков И.Д. Влияние гидростатической разгрузки на трение в цапфах роликов-разделителей ролико-лопастных гидромашин // В книге: Трибология-машиностроению. Труды XI международной научно-технической конференции Институт машиноведения им. А.А. Благонравова. – 201. – С. 88-90.
6. Думболов Д.У., Тюнин С.В. Измерение расхода топлива при эксплуатации военной

техники расходомерами на основе ролико-лопастных машин // Труды 25 ГосНИИ МО РФ. – 2018. – № 58. – С.570-576.

Literature:

1. Domogatskiy V.V. Hydraulic transmission based on roll-bladed machines // SDM Journal. – 2009, - No.5, - pp.30-34.
2. Zaretser E.Ya., Zaretser Ya.M., Dumbolov D.U., Sevryukov I.T., Lysenko M.Yu., Kirillov A.V. System of liquid additive dispensing into fuel flow stream // RF Utility Patent No.2640664, publ.on 11.01.2018.
3. Litvinenko A.N., Dumbolov D.U., Galiakhmetov R.F. Process and equipment engineering for purification and service life prolongation of lubricating and cooling liquids // Chemical Engineering Journal. – 2007. – No.8. – p.37.
4. Kovalenko V.P., Dumbolov D.U., Syromyatnikov V.I. Method of measurement of HC fuel in flow stream // The International Technical-Economic Journal. – 2010. – No.4. – p.6.
5. Zaretser Ya.M., Dumbolov D.U., Yeryomin V.N., Asmetkov I.D. Hydrostatic unloading impact on friction in stubs of roll-dividers in roll-bladed fluid machines // From the book: Tribology for Machine Engineering. Transactions of the XI International Scientific and Technical Conference, A.A. Blagonravov Institute of Machine Science. – 201. – pp. 88-90.
6. Dumbolov D.U., Tyunin S.V. Fuel flow rate measurement by way of flow meters based on roll-bladed machines when operating military equipment // Transactions of "the 25th State Research Institute of Himmotology, Ministry of Defence of Russian Federation". – 2018. – No.58. – pp. 570-576.

Думболов Джамиль Умярович, кандидат технических наук, доцент, профессор Академии военных наук РФ, ведущий научный сотрудник управления технических средств и технологий нефтепродуктообеспечения

Тел. 8(926) 610-15-60

Тюнин Сергей Владимирович, аспирант, начальник научно-исследовательской лаборатории метрологии, стандартизации и каталогизации

Тел. 8(977) 952-51-88

Дикий Павел Васильевич, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории метрологии, стандартизации и каталогизации

Тел. 8(926) 087-13-07