Ассоциация организаций авиатопливообеспечения воздушных судов гражданской авиации

Ассоциация ОАТО ВС ГА

Информационный сборник №5

Москва - 2010

СОДЕРЖАНИЕ

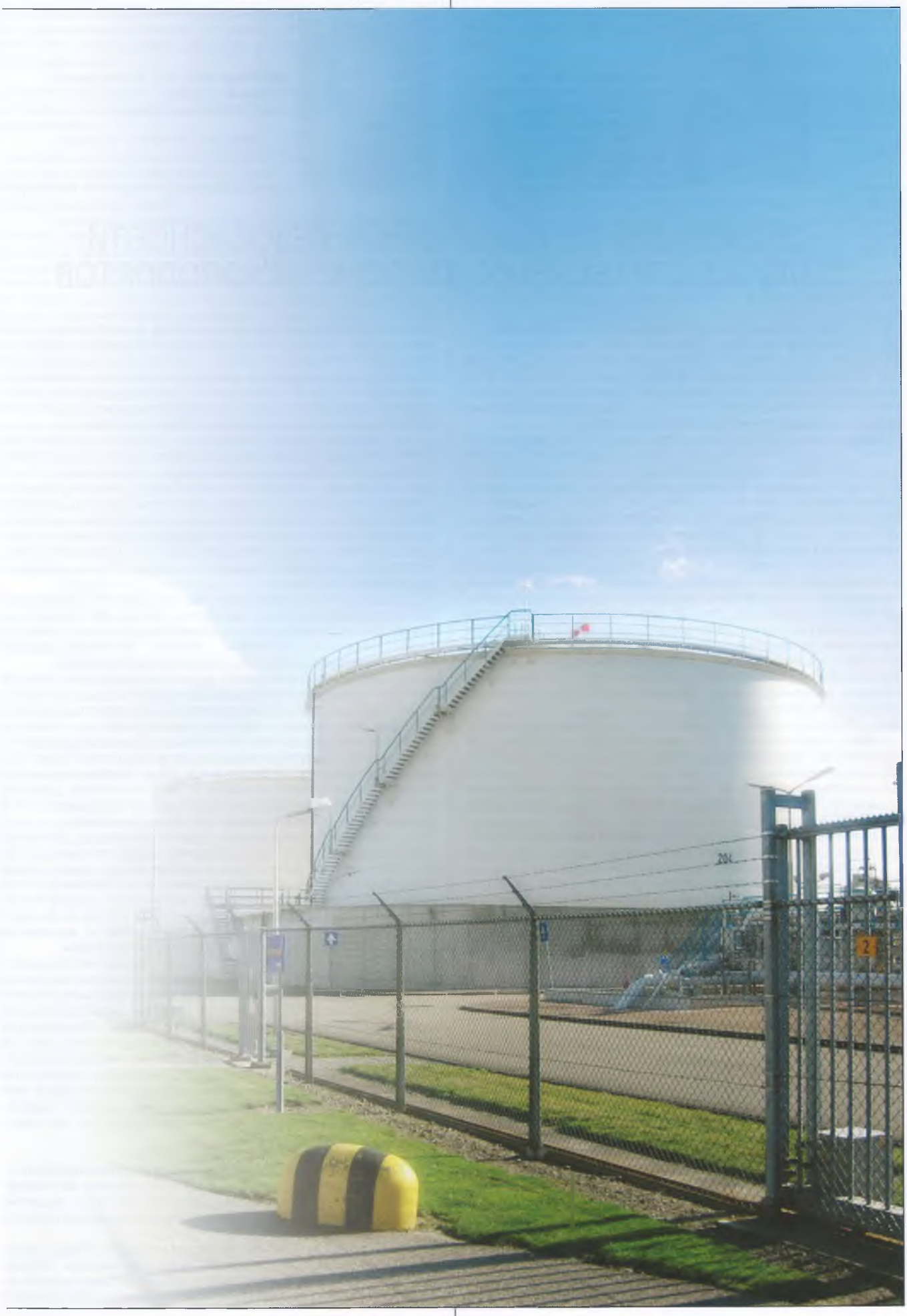
№№	Авторы. ТЕМА СТАТЬИ	страница
1.	**Вольфзон С.Я.** председатель Правления Ассоциации организаций авиатопливообеспечения воздушных судов гражданской авиации.	4
2.	**Воронецкий А.Е.** Генеральный директор НПП «Спецгеопарк» **Мальцев О.Г.** Главный инженер ЗАО «ТЗК Шереметьево» **ДЕКЛАРАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТОПЛИВОЗАПРАВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ АЭРОПОРТОВ.**	6
3.	**Воронцов А.С.** заместитель начальника отдела аэродромов, аэропортов и сертификации систем топливного обеспечения МТУ ВТ ЦР ФА ВТ **Матыко А.Ю.** инженер отдела аэродромов, аэропортов и сертификации систем топливного обеспечения МТУ ВТ ЦР ФА ВТ **ПРОЦЕСС АВИАТОПЛИВООБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ПОСАДОЧНЫХ ПЛОЩАДКАХ**	8
4.	**Полотнюк Е.Б.** ООО БАП «ХРОМДЕТ-ЭКОЛОГИЯ» **ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ КОЛИОН-1 НА СКЛАДАХ ГСМ**	10
5.	**Рупрехт фон Гвиннер** Mess-und Fördertecnik Gwinner GmbH & Co. Президент **Громов В.К.** Mess-und Fördertecnik Gwinner GmbH & Co. Руководитель Авиационных Проектов **ФИЛОСОФИЯ ПРОГРЕССА**	12
6.	**Годнев А.Г.** – руководитель авиационных проектов фирмы «M+F» **МОДЕЛЬ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УЧЕТНЫХ ОПЕРАЦИЙ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ.**	15
7.	**Тимиркеев Р.Г.**, Начальник НИС ОАО «НИАТ» д.т.н., профессор **Миненков А.А.**, Начальник НИЛ ОАО «НИАТ» к.т.н. **Трушин О.И.**, инженер-технолог ОАО «НИАТ», аспирант **Франков С.В.** инженер-технолог ОАО «НИАТ», аспирант **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЧИСТОТЫ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ЗАПРАВКЕ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ЛА**	17
8.	**Громов В. К.** Mess-und Fördertechnik Gwinner GmbH & Co. Руководитель Авиационных Проектов **Сыроедов Н.Е.** Кандидат технических наук, доцент Московского Государственного Технического Университета гражданской авиации **ПРАКТИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ДВИЖЕНИИ ПОТОКОВ ТОПЛИВА В СИСТЕМАХ ЦЗС И ВЫРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИДРОУДАРНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТРУБОПРОВОДНУЮ СЕТЬ И ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМ ЦЗС.**	18
9.	**Горошевский В.П.** к.т.н. ООО НТЦ «Транскор-К» **Камаева С.С.** к.т.н. ООО НТЦ «Транскор-К» **М.И. Друкаров**, к.т.н. ООО НТЦ «Транскор-К» **МАГНИТНАЯ ТОМОГРАФИЯ ТРУБОПРОВОДОВ АЭРОДРОМОВ – ПРОДОЛЖЕНИЕ ИННОВАЦИИ**	22
10.	**Сыроедов Н.Е.** Кандидат технических наук, доцент Московского Государственного Технического Университета **Волков С.И.** аспирант МГТУ ГА **ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДОВ МОЖЕТ БЫТЬ УСОВЕРШЕНСТВОВАНА**	24
11.	**Громов В.К.** Mess-und Fördertecnik Gwinner GmbH & Co. Руководитель Авиационных Проектов **ОТ АВТОМАТИЗАЦИИ К СИСТЕМАМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ**	26
12.	**Шидловский С.В.** генеральный директор ООО Промзащита **КАЧЕСТВО, ПРОВЕРЕННОЕ ВРЕМЕНЕМ!**	29
13.	**Воловик Т.В.** – директор ООО «Петротех Аналитикал» **FTOT – НОВЫЙ АНАЛИЗАТОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ТОПЛИВ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**	30
14.	**Урявин С.П.** директор ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА **Тимошенко А.Н.** заместитель директора ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА **О РАБОТЕ ПО ОТМЕНЕ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПРИМЕНЕНИЕ АВИАТОПЛИВА ТС-1 СО СТОРОНЫ ЗАРУБЕЖНЫХ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНЫХ КОРПОРАЦИЙ**	32
15.	**Тимошенко А.Н.** заместитель директора ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА **Урявин С.П.** директор ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА **Козлов А. Н.** к.т.н. доцент МГТУ ГА **ЦЕНТР ПО СЕРТИФИКАЦИИ АВИАГСМ ФГУП ГосНИИГА: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И ПЛАНЫ НА БУДУЩЕЕ**	34
16.	**Урявин С.П.** директор ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА **Коняев Е.А.** профессор МГТУ ГА **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ (ВТО) РЕАКТИВНЫХ ТОПЛИВ: НЕГАТИВНОСТЬ, ВЛИЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ, СПОСОБЫ БОРЬБЫ**	38

№№	Авторы. ТЕМА СТАТЬИ	страница
17.	**Тимошенко А.Н.** заместитель директора ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА **Урявин С.П.** директор ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА **Козлов А. Н.** к.т.н. доцент МГТУ ГА **FAME – ПРЯМАЯ УГРОЗА БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ**	**40**
18.	**Тимошенко А.Н.** заместитель директора ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА **Грядунов К.И.** аспирант МГТУ ГА **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГРАВИТАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ТОПЛИВ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**	**46**
19.	**Осипов О.П.** директор НПО «АГРЕГАТ» канд. техн. наук **МОНОПОЛИЗАЦИЯ РЫНКА АВИАТОПЛИВООБЕСПЕЧЕНИЯ**	**48**
20.	**Талаев А.Г.** руководитель центра по сертификации, зам. руководителя ОС НАТ, канд.техн.наук **Селезнева И.Б.** эксперт ОС НАТ, руководитель сектора ИЦ ТС и НАТ **Усачева Н.Н.** эксперт по стандартизации ИЦ ТС и НАТ **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ АВИАТОПЛИВООБЕСПЕЧЕНИЯ**	**50**
21.	**Тимиркеев Р.Г.**, Начальник НИС ОАО «НИАТ» д.т.н., профессор **Миненков А.А.**, Начальник НИЛ ОАО «НИАТ» к.т.н. **Павлов А. В.** ведущий инженер ОАО «НИАТ» к.т.н. **Трушин О.И.**, инженер-технолог ОАО «НИАТ» аспирант **Франков С.В.** инженер-технолог ОАО «НИАТ» аспирант **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ЧИСТОТЫ АВИАЖИДКОСТЕЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМИ ПРИБОРАМИ.**	**52**
22.	**Тимиркеев Р.Г.**, Начальник НИС ОАО «НИАТ» д.т.н., профессор **Миненков А.А.**, Начальник НИЛ ОАО «НИАТ» к.т.н. **Трушин О.И.**, инженер-технолог ОАО «НИАТ» аспирант **Франков С.В.** инженер-технолог ОАО «НИАТ» аспирант **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОМЫВКИ АЗОТИРОВАННЫМ ТОПЛИВОМ ТРУБОПРОВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ АЭРОПОРТОВ.**	**54**
23.	**Столяров И. Э.** директор по развитию ООО «СТАНД» **Богданов А. М.** начальник технического отдела ООО «СТАНД» **СОВРЕМЕННЫЕ ОГНЕСТОЙКИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**	**56**
24.	**Козлов А. Н.** к.т.н. доцент МГТУ ГА **Лебедев О.А.** к.т.н., ст. научный сотрудник ЦС авиаГСМ ГосНИИ ГА **АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.**	**60**
25.	**Сыроедов Н.Е.** Кандидат технических наук, доцент Московского Государственного Технического Университета **Бельский О.В.** научный сотрудник ФАУ «25 ГосНИИ МО России по химмотологии» **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МОТОРНЫХ МАСЕЛ**	**64**
26.	**Попел В.З.** заместитель директора ЗАО «НТФ НОВИНТЕХ» **Скрипник А.А.** ведущий инженер ООО «САОН-Система». **Фокин А.Б.** коммерческий директор ООО «САОН-Система» **ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В КОМПЛЕКСАХ АВТОМАТИЗАЦИИ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА АВИАТОПЛИВА**	**66**
27.	**Дубасов Ю.Б.** к.т.н. ЗАО «Альбатрос», г. Москва **ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕМНО-МАССОВОГО УЧЕТА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ**	**68**
28.	**Коняев Е.А.** д.т.н., профессор зав. кафедрой АТО и РЛА МГТУ ГА. **Козлов А. Н.** к.т.н. доцент МГТУ ГА **Голубева М.Г.** к.х.н., доцент МГТУ ГА. **СОСТОЯНИЕ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ КАДРОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ АВИАТОПЛИВООБЕСПЕЧЕНИЯ**	**72**

Вольфзон С.Я.
председатель Правления
Ассоциации организаций
авиатопливообеспечения
воздушных судов
гражданской авиации.

В течение 10 лет комитет авиаГСМ Ассоциации «Аэропорт» ГА проводил ряд мероприятий технического, технологического характера. Был разработан национальный стандарт в области оборудования авиаГСМ. Комитет оказывал постоянное содействие в работе МГТУ ГА (оснащались лаборатории, оказывалась помощь в работе курсов ПК, оказывали содействие в открытии специализации по авиаГСМ). Поездки за рубеж, ознакомление с работой передовых предприятий Германии, Италии, производящих новейшую топливозаправочную технику позволили привлечь новые средства заправки ВС ГА в АП России. Презентации, которые комитет проводил на предприятиях России подняли их на новый технический уровень. В последние годы вышли 4 информационных сборника, информация в которых дала возможность ТЗК, комплексам ознакомиться с основными проблемами, стоящими перед предприятиями авиаГСМ и способами их решения. В тоже время в условиях экономического кризиса 2008-2009 гг. мы ощутили серьезное негативное влияние (отсутствие средств финансирования для плодотворной деятельности общественной организации). Актив комитета принял решение о создании новой формы организации своей деятельности. В октябре 2009 года была создана «Ассоциация организаций авиатопливообеспечения воздушных судов ГА». Основной задачей новой организации является помощь в развитии бизнеса ее членов, содействие их коммерческой деятельности, защита их интересов в государственных органах власти, тесное сотрудничество с органами контроля и надзора. Ассоциация планирует привлечение членских взносов с целью финансирования и издания информационных сборников, обеспечение всех мероприятий плана работы. Мы планируем открытие своего сайта, наличие которого позволит иметь постоянную связь с регионами России, планируем активное участие в выставках, проведение тематических конференций, семинаров. Ассоциация готовится принять активное участие в выставке ИНТЕРМАШ-2010. Началом работы вновь созданной Ассоциации стало проведение на базе МГТУ ГА Международной научно-технической конференции «Пути развития топливозаправочных комплексов в АП России». Конференция собрала более 100 представителей из многих регионов России. Одной из основных задач мы ставим разработку национального стандарта в области технологии авиаГСМ. Это серьезная работа возможна при тесном сотрудничестве всех членов Ассоциации и прежде всего ГосНИИ ГА, ФАУ «25 ГосНИИ Минобороны России по химмотологии», специалистов ТЗК и комплексов.

В перспективе необходимо привлечь к деятельности Ассоциации наиболее квалифицированных и авторитетных представителей всех заинтересованных предприятий и организаций. Хочу пожелать вновь созданной Ассоциации успехов в ее очень не простой и очень нужной работе.



Воронецкий А.Е.
Генеральный директор
НПП «Спецгеопарк»

Мальцев О.Г.
Главный инженер
ЗАО «ТЗК Шереметьево»

ДЕКЛАРАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТОПЛИВОЗАПРАВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ АЭРОПОРТОВ.

Декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта – документ, в котором представлены результаты всесторонней оценки риска аварии, анализа достаточности принятых мер по предупреждению аварии и по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта, а также к локализации последствий аварии на опасном производственном объекте /4/.

В соответствии с требованиями, содержащимися в постановлении Правительства РФ № 87 от 16.02.08 г. «Положение о составе разделов проектной документации …» /5/ и приказа № 36 от 01.040.08 Минрегиона РФ «О порядке разработки и согласования специальных технических условий …» /6/, проектная документация на объекты капитального строительства (как на производственные, так и на линейные объекты) должна содержать двенадцать разделов /7/. Последний из них, раздел 12 - «Иная документация в случаях предусмотренных Федеральными законами» должен содержать Декларацию промышленной безопасности опасного производственного объекта, если необходимость ее разработки для ТЗК или службы ГСМ аэропорта вытекает из положений Федерального закона №116-ФЗ /1/. При разработке специальных технических условий (в основном, применяемых при решении вопросов пожарной безопасности) и Декларации промышленной безопасности при проектировании опасных производственных объектов необходимо применять количественный анализ риска.

Для объектов топливозаправочных комплексов аэропортов согласно приложению 2 Федерального закона №116-ФЗ /1/ Декларация промышленной безопасности должна разрабатываться при условии:

- предельное количество опасных горючих жидкостей, находящихся на товарно-сырьевых складах и базах превышает 50.000 т.;
- предельное количество опасных горючих жидкостей, используемых в технологическом процессе или транспортируемых по магистральному трубопроводу превышает 200 т.

Первое условие маловероятно. так как ни в одном аэропорту Российской федерации нет топливозаправочного комплекса с таким объемом хранения авиаГСМ. При этом особое внимание рекомендуем обратить на то, что под второе условие подходят системы ЦЗС ряда крупных аэропортов страны, а также, что встречается наиболее часто, трубопроводы между складами ГСМ. Декларация промышленной безопасности на межскладские и технологические трубопроводы топливно-заправочных комплексов аэропортов должны включать в себя /4/:

- титульный лист;
- данные об организации-разработчике декларации;
- общие сведения;
- результаты анализа безопасности;
- обеспечения требований промышленной безопасности;
- выводы;
- ситуационные планы;
- два обязательных приложения: расчетно-пояснительная записка и информационный лист.

Остановимся на основных разделах декларации промышленной безопасности:

«Результаты анализа безопасности».

Сведения об опасных веществах и общие сведения о технологических процессах предоставляет Заказчик декларации промышленной безопасности.

Анализ риска начинается с определения перечня основных факторов и возможных причин, способствующих возникновению и развитию аварий на топливопроводе (к ним относятся такие факторы, как наличие горючей жидкости и возможность образования статического электричества; такие причины, как ошибочные действия персонала, отказы арматуры и разъемных соединений, прекращение подачи электроэнергии, действие внешних факторов или природных сил, несанкционированные или иные действия на территории опасного производственного объекта и пр.).

Рассматриваются возможные сценарии гипотетических аварий на декларируемом объекте (наиболее опасный сценарий и наименьшая вероятность возникновения – «гильотинный» разрыв топливопровода с максимальным выбросом опасных веществ, образованием облака топливно-воздушной смеси и дрейфом взрывоопасного облака топливно-воздушной смеси; наиболее вероятный сценарий с менее тяжелыми последствиями – утечка опасного вещества из топливопровода при его частичной разгерметизации.) Описания сценариев приводится в расчетно-пояснительной записке.

Данные о размерах вероятных зон действия поражающих факторов для описанных сценариев аварий. Для каждого из сценариев указывается радиус поражения открытым пламенем, радиус поражения осколками, радиусы поражения ударной волной и тепловым излучением различной интенсивности.

Сведения о возможном числе пострадавших, включая погибших среди работников и иных физических лиц. В зависимости от границ зон возможных поражений определяется перечень объектов организации, сторонних организаций и населения попавших в зону поражения. Число летальных исходов определяется с учетом значений условной вероятности поражения человека опасными факторами аварии, в том числе, исходя из предположения, что аварийная ситуация и ее дальнейшие развитие происходит в момент временного пребывания обслуживающего и ремонтного персонала на данном участке трубопровода.

Сведения о возможном ущербе от аварий. В случае реализации представленных сценариев аварий величины ущерба, причиненного физическим и юридическим лицам, будет зависеть от степени разрушения и стоимости трубопровода, числа людей, попавших в зону поражения, компенсации семьям погибших, косвенного ущерба, определенного как убытки из-за неиспользованных производственных возможностей и количества вредных выбросов, попавших в атмосферу в ходе аварии.

Результаты оценки риска аварий. Определяется вероятность возникновения наиболее опасных по своим последствиям сценариев развития аварии на объекте и вероятность возникновения наиболее вероятных сценариев развития аварий на объекте наименее опасного по своим последствиям. Определяется вероятность наступления события индивидуального риска и социального риска при реализации указанных сценариев аварий. Определяются риски нанесения ущерба имуществу предприятия и риски нанесения ущерба окружающей природной среде при реализации наиболее вероятных сценариев развития аварий. Расчеты всех указанных рисков приводятся в расчетно-пояснительной записке.

«Обеспечение требований промышленной безопасности»:

Отмечается наличие лицензии Ростехнадзора на эксплуатацию взрывоопасного производственного объекта и лицензии МЧС РФ на эксплуатацию пожароопасного производственного объекта.

Отмечается наличие подготовки и переподготовки персонала обслуживающего опасный производственный объект. Проверяются планы, программы и графики проверки знаний по промышленной безопасности руководителей и специалистов

организации собственника объекта и соответствие их требованиям нормативных документов Ростехнадзора (РД-03-444-02 /8/) и МЧС РФ («Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» /2/).

Проверяется наличие системы производственного контроля предприятия. Наличие Положения о производственном контроле, приказ о назначении ответственного за производственный контроль.

Сведения о системе проведения сбора информации о произошедших инцидентах и авариях и анализе этой информации. Наличие служб ведущих регистрацию, учет и анализ причин инцидентов и аварий. Наличие инструкции о расследовании и учете инцидентов и аварий.

Сведения о принятых мерах по предотвращению постороннего вмешательства в деятельность на декларируемом объекте, а также по противодействию возможным террористическим актам. На основании постановления Правительства РФ № 1040 от 15.09.1999 г. «О мерах по противодействию терроризму» /9/ должен быть разработан комплекс мероприятий по предотвращению террористических проявлений направленных на исключение возможности осуществления террористических актов путем несанкционированного воздействия на условия эксплуатации опасных производственных объектов, пресечение незаконного оборота промышленных взрывчатых материалов и их использование в криминальных целях.

Для определения возможных сценариев возникновения и развития аварий, четкой конкретизации действий производственного персонала спецподразделений должен быть разработан «План локализации и ликвидации аварийной ситуации (ПЛАС)».

Сведения о составе противоаварийных сил, аварийно-спасательных и других служб обеспечения промышленной безопасности. Должно быть сформировано нештатное аварийно-спасательное формирование с указанием численности людской и специальных технических средств. Указаны территориальные специализированные поисковые и аварийно-спасательные службы с указание численности людской и специальной техники.

Сведения о финансовых и материальных ресурсах для локализации и ликвидации последствий аварий на декларируемом объекте. Мероприятия по ликвидации (локализации) последствий аварий осуществляется за счет оборотных средств предприятия.

Сведения о системе оповещения в случае возникновения аварии на декларируемом объекте с приведением схемы оповещения и указанием порядка действий в случае аварий.

Оповещение осуществляется всеми имеющимися средствами связи по заранее разработанным схемам для рабочего и нерабочего времени. Схема оповещения постоянно находится в помещении сменного начальника производства. Номера телефонов оповещаемых лиц и организаций уточняются не реже одного раза в полгода.

Перечень основных мер, направленных на уменьшение риска аварий. Необходимо наличие технологического регламента на эксплуатацию объекта. Своевременное проведение диагностики объекта. Проведение регулярных учебно-тренировочных занятий, проверка знаний ПЛАС и т.д.

Наиболее характерные ошибки при оформлении Декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта:

- не указываются границы и размеры декларируемого опасного производственного объекта;
- дается не верное определение или не полный перечень сценариев аварий. Не рассматриваются сценарии с разлетом осколков и наиболее опасного сценария с дрейфом взрывоопасного облака топливно-воздушной смеси, что приводит к значительному занижению опасных расстояний (в 3-4 раза), на которых возможно поражение при возникновении и развитии аварий. Рассмотрение сценария с горением топливно-воздушного облака в режиме «огненного шара» необоснованно. В условиях аварийной разгерметизации трубопровода с керосином такой механизм горения трудно подтвердить расчетами технических прогнозов вероятности такого события;
- расчеты зон поражения при взрыве топливно-воздушных смесей необходимо проводить на основе РД-03-26-2007 «Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ» (дальность дрейфа облака) и на основе РД -03-409-01 «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (взрывы топливно-воздушных смесей). Использование методики оценки зон разрушения при взрыве парогазовых сред в технологических блоках недопустимо.;
- зачастую не представляют анализ опасного развития аварий, связанных с дрейфом и взрывом облака вблизи расположенных других объектов (самолетов на стоянке, цехов, административных зданий), а также последствий аварий на трассе трубопроводов в местах пересечения автодорог и взлетных полос;
- выполняется неправильное построение полей потенциального риска поражения людей;
- ситуационные планы событий не соответствуют требованиям нормативной литературы / 4 /;
- при разработке деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов используются зарубежные компьютерные программы, правильность расчетов по которым невозможно проверить из-за труднодоступности этих программ. Это может стать также и причиной отказа в регистрации декларации.

Если необходимость разработки декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта связана с вопросами проектирования реконструкции, капитального ремонта или нового строительства объекта в целом или его составных частей (зданий, сооружений, технологических комплексов) рекомендуем в этом случае изучить Технический регламент о требованиях пожарной безопасности /2/. С принятием этого закона в перечень документов, разработка которых необходима, в оговоренных случаях, пополнился новым документом – Декларацией пожарной безопасности. При этом разработка одной из декларации, промышленной или пожарной безопасности, не отменяет необходимость разработки другой декларации.

Литература:

1. Федеральный закон от 21.06.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
4. РД-03-14-2005. «Порядок оформления деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в нее сведений».
5. «Положение о составе разделов проектной документации и требования к их содержанию». Утв. Постановлением Правительства РФ от 16.02ю2008 г. № 87.
6. «О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объектах капитального строительства». Минрегион РФ, Приказ №36 от 01.04.2009 г.
7. Воронецкий А.Е., Мальцев О.Г. «Организация проведения строительства и ремонта на объектах авиатопливообеспечения в современных условиях». Инф. Сб. 4 Комитет авиаГСМ, 2009 г.
8. РД-03-444-02. «О порядке подготовки и аттестации работников организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов, подконтрольных Госгортехнадзору России».
9. Постановления Правительства РФ № 1040 от 15.09.1999 г. «О мерах по противодействию терроризму»

Воронцов А.С.
заместитель начальника
отдела аэродромов,
аэропортов и
сертификации систем
топливного обеспечения
МТУ ВТ ЦР ФА ВТ

Матыко А.Ю.
инженер отдела
аэродромов, аэропортов
и сертификации систем
топливного обеспечения
МТУ ВТ ЦР ФА ВТ

ПРОЦЕСС АВИАТОПЛИВООБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ПОСАДОЧНЫХ ПЛОЩАДКАХ

Межрегиональному территориальному управлению воздушного транспорта Центральных районов ФАВТ подконтрольна авиационная деятельность авиапредприятий и авиакомпаний на 30 –ти аэродромах, вертодромах и посадочных площадках, занесенных в Реестр Управления.

Производственная деятельность авиакомпаний направлена на осуществление воздушных перевозок пассажиров и грузов, а также выполнения авиационных работ (авиационно – химические работы, авиалесоохрана, облет магистральных нефте - газопроводов и др.).

Авиационные работы выполняются авиакомпаниями Управления и с посадочных площадок, которые не внесены в Реестр, но находятся «на учете».

Управлению подконтрольны более 60 – ти авиакомпаний Авиации общего назначения (АОН), большинство которых базируются на посадочных площадках и в связи с этим контроль за их авиатопливообеспечением затруднен.

При осуществлении государственного контроля за деятельностью авиакомпаний и проведении сертификации организаций авиатопливообеспечения, в том числе и на посадочных площадках, отсутствует четкое и однозначное трактование нормативных документов ГА, а именно пунктом 1 Статьи 8 Воздушного Кодекса РФ от 19.03.1997 г. № 60-ФЗ (ред. от 30.12.2008 г.) «Обязательной сертификации подлежат…юридические лица, осуществляющие и (или) обеспечивающие коммерческие воздушные перевозки, выполнение авиационных работ…».

Авиакомпании, выполняющие авиационные работы с посадочных площадок, при полном цикле осуществляя процесс авиатопливообеспечения (прием, хранение, подготовку, контроль качества и заправку своих воздушных судов), формально нельзя привлечь к сертификации, так как в Федеральных авиационных правилах «Сертификация аэропортов. Процедуры», утвержденных ФС ВТ России 24.04.2000 г. № 98 (в ред. Приказа Минтранса РФ от 07.09.2007 г. № 131) не прописаны требования о сертификации этого вида аэропортовой деятельности на посадочных площадках. В тоже время отсутствует возможность требовать с авиакомпаний необходимость их сертификации по данному направлению с позиций требований «ФАП. Сертификационные требования к организациям авиатопливообеспечения воздушных перевозок», утвержденных Приказом ФСВТ России от 18.04.2000 г. № 89 (в редакции Приказа Минтранса РФ от 13.09.2007 г. № 118), так как в названии ФАП отсутствует фраза «авиационные работы», есть «…воздушных перевозок».

В результате авиакомпании, имеющие в своих структурах специалистов по ГСМ (и даже службы ГСМ), а на балансе (или в аренде) технические средства заправки (ТЗ, АФТ, ФЗА), средства хранения (резервуары, бочкотару) и осуществляющие полный цикл движения авиатоплива на посадочных площадках, формально не подлежат сертификации.

С другой стороны есть прецеденты, когда авиакомпании идя на определенные финансовые затраты (отбор проб авиа ГСМ и заключение договора с ЦС авиа ГСМ ФГУП «ГосНИИ ГА» на проведение анализов), получают Заключение по уровню качества и чистоты авиатоплива в системе топливообеспечения. В дальнейшем, подготавливая доказательную документацию в соответствии с требованиями ФАП, обращаются в Управление о проведении сертификации с последующей выдачей Сертификата Соответствия по авиатопливообеспечению на посадочной площадке. Свое решение они объясняют тем, что так проще и дешевле «разговаривать» с Прокуратурой и налоговыми органами.

Другие же авиакомпании обращаются в ФАВТ с просьбой о разъяснении необходимости проведения сертификации процесса авиатопливообеспечения на посадочных площадках и получают вполне предполагаемый ответ:

- В соответствии с требованиями Воздушного Кодекса РФ разработаны Федеральные Авиационные Правила «Сертификация аэропортов. Процедуры», которые утверждены и введены в действие Приказом ФС ВТ России от 24.04.2000 г. № 98. Действие данного документа не распространяется на сертификацию аэропортовой деятельности на посадочных площадках;
- Информационным письмом от 30.07.2009 г. № АМ 3.10-1373 ФАВТ предлагает работу по обслуживанию и эксплуатации устройств для оперативного хранения и раздачи топлива на посадочных площадках проводить в соответствии с действующими в ГА нормативными требованиями (№ 9/и, « № ДВ-126, Инструкции от 29.03.1993 г. и др.).

Взамен снятых с производства ФЗА-3 и УЗС-7Б предлагается использовать устройство для оперативного хранения и раздачи топлива (УЗВС), которое можно использовать как для авиатоплива, так и для авиабензинов (емкостью 6,5; 10; 25 куб.м.). Стоимость УЗВС (в зависимости от объема резервуара для хранения и установленного оборудования из лигированной стали) начинается от 1 млн. рублей.

Многолетний опыт эксплуатации агрегатов АФТ-3 (7,30,60, 90 и т.д.) показал их высокую эффективность и надежность в системе авиатопливообеспечения. В ЗАО ТЗК «Славнефть – Туношна» агрегат АФТ-30 в эксплуатации с 2005 года и через него прокачено 17 млн. литров авиатоплива, что говорит о большом ресурсе данного изделия. Фирма НПФ «Агрегат» разработала и выпускает контейнерные агрегаты АФТ-30-4-С/22 с емкостью в 15 куб.м. для авиатоплива.

Авиакомпании, эксплуатирующие Ан-2, Як-18т, Ил-103 и Ка-26, а также воздушные суда иностранного производства, высказывают претензии о высоких ценах на оборудование, при этом они забывают об обеспечении безопасности полетов, а также о стоимости приобретаемых ими же иностранных ВС, которые стоят миллионы долларов США.

Только в Управлении более 30-ти авиакомпаний АОН эксплуатируют несколько десятков Ан-2, Робинсонов, Корветов, Сессн, Авиатик, Х-30, АИ-10 и др.

Процесс авиатопливообеспечения ВС авиационным керосином отработан многолетним опытом, хотя и здесь встречаются проблемы. Иногда для транспортировки авиатоплива используются автоцистерны, не прошедшие определенную подготовку и как результат, наблюдается ухудшение показателей качества авиатоплива.

Особую озабоченность вызывает авиатопливообеспечение ВС авиабензином.

В 2004 году нефтеперерабатывающие заводы России прекратили выпуск авиационного бензина Б-91/115.

Указаниями ГС ГА и Минтранса разрешено проведение авиационно - химических работ на самолетах Ан-2 с двигателями АШ-62ИР на автобензине АИ-95 по ГОСТ Р 52105. Но практика показала, что до баков ВС гостовский бензин АИ-95 практически не доходит.

Более десяти лет назад, а точнее, с началом производства самолетов Ил-103 на Луховицком заводе в Россию стал поступать бензин авиационный типа AVGAS 100 LL, так как на ВС установлен двигатель импортного производства.

Межрегиональному территориальному управлению воздушного транспорта Центральных районов ФАВТ подконтрольна авиационная деятельность авиапредприятий и авиакомпаний на 30 –ти аэродромах, вертодромах и посадочных площадках, занесенных в Реестр Управления.

Производственная деятельность авиакомпаний направлена на осуществление воздушных перевозок пассажиров и грузов, а также выполнения авиационных работ (авиационно – химические работы, авиалесоохрана, облет магистральных нефте - газопроводов и др.).

Авиационные работы выполняются авиакомпаниями Управления и с посадочных площадок, которые не внесены в Реестр, но находятся «на учете».

Управлению подконтрольны более 60 – ти авиакомпаний Авиации общего назначения (АОН), большинство которых базируются на посадочных площадках и в связи с этим контроль за их авиатопливообеспечением затруднен.

При осуществлении государственного контроля за деятельностью авиакомпаний и проведении сертификации организаций авиатопливообеспечения, в том числе и на посадочных площадках, отсутствует четкое и однозначное трактование нормативных документов ГА, а именно пунктом 1 Статьи 8 Воздушного Кодекса РФ от 19.03.1997 г. № 60-ФЗ (ред. от 30.12.2008 г.) «Обязательной сертификации подлежат…юридические лица, осуществляющие и (или) обеспечивающие коммерческие воздушные перевозки, выполнение авиационных работ…».

Авиакомпании, выполняющие авиационные работы с посадочных площадок, при полном цикле осуществляя процесс авиатопливообеспечения (прием, хранение, подготовку, контроль качества и заправку своих воздушных судов), формально нельзя привлечь к сертификации, так как в Федеральных авиационных правилах «Сертификация аэропортов. Процедуры», утвержденных ФС ВТ России 24.04.2000 г. № 98 (в ред. Приказа Минтранса РФ от 07.09.2007 г. № 131) не прописаны требования о сертификации этого вида аэропортовой деятельности на посадочных площадках. В тоже время отсутствует возможность требовать с авиакомпаний необходимость их сертификации по данному направлению с позиций требований «ФАП. Сертификационные требования к организациям авиатопливообеспечения воздушных перевозок», утвержденных Приказом ФСВТ России от 18.04.2000 г. № 89 (в редакции Приказа Минтранса РФ от 13.09.2007 г. № 118), так как в названии ФАП отсутствует фраза «авиационные работы», есть «…воздушных перевозок».

В результате авиакомпании, имеющие в своих структурах специалистов по ГСМ (и даже службы ГСМ), а на балансе (или в аренде) технические средства заправки (ТЗ, АФТ, ФЗА), средства хранения (резервуары, бочкотару) и осуществляющие полный цикл движения авиатоплива на посадочных площадках, формально не подлежат сертификации.

С другой стороны есть прецеденты, когда авиакомпании идя на определенные финансовые затраты (отбор проб авиа ГСМ и заключение договора с ЦС авиа ГСМ ФГУП «ГосНИИ ГА» на проведение анализов), получают Заключение по уровню качества и чистоты авиатоплива в системе топливообеспечения. В дальнейшем, подготавливая доказательную документацию в соответствии с требованиями ФАП, обращаются в Управление о проведении сертификации с последующей выдачей Сертификата Соответствия по авиатопливообеспечению на посадочной площадке. Свое решение они объясняют тем, что так проще и дешевле «разговаривать» с Прокуратурой и налоговыми органами.

Другие же авиакомпании обращаются в ФАВТ с просьбой о разъяснении необходимости проведения сертификации процесса авиатопливообеспечения на посадочных площадках и получают вполне предполагаемый ответ:

- В соответствии с требованиями Воздушного Кодекса РФ разработаны Федеральные Авиационные Правила «Сертификация аэропортов. Процедуры», которые утверждены и введены в действие Приказом ФС ВТ России от 24.04.2000 г. № 98. Действие данного документа не распространяется на сертификацию аэропортовой деятельности на посадочных площадках;
- Информационным письмом от 30.07.2009 г. № АМ 3.10-1373 ФАВТ предлагает работу по обслуживанию и эксплуатации устройств для оперативного хранения и раздачи топлива на посадочных площадках проводить в соответствии с действующими в ГА нормативными требованиями (№ 9/и, « № ДВ-126, Инструкции от 29.03.1993 г. и др.).

Взамен снятых с производства ФЗА-3 и УЗС-7Б предлагается использовать устройство для оперативного хранения и раздачи топлива (УЗВС), которое можно использовать как для авиатоплива, так и для авиабензинов (емкостью 6,5; 10; 25 куб.м.). Стоимость УЗВС (в зависимости от объема резервуара для хранения и установленного оборудования из лигированной стали) начинается от 1 млн. рублей.

Многолетний опыт эксплуатации агрегатов АФТ-3 (7,30,60, 90 и т.д.) показал их высокую эффективность и надежность в системе авиатопливообеспечения. В ЗАО ТЗК «Славнефть – Туношна» агрегат АФТ-30 в эксплуатации с 2005 года и через него прокачено 17 млн. литров авиатоплива, что говорит о большом ресурсе данного изделия. Фирма НПФ «Агрегат» разработала и выпускает контейнерные агрегаты АФТ-30-4-С/22 с емкостью в 15 куб.м. для авиатоплива.

Авиакомпании, эксплуатирующие Ан-2, Як-18т, Ил-103 и Ка-26, а также воздушные суда иностранного производства, высказывают претензии о высоких ценах на оборудование, при этом они забывают об обеспечении безопасности полетов, а также о стоимости приобретаемых ими же иностранных ВС, которые стоят миллионы долларов США.

Полотнюк Е. Б.
ООО БАП «ХРОМДЕТ-ЭКОЛОГИЯ»
(495)789 8559,
www.chromdet.ru , sales@chromdet.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ КОЛИОН-1 НА СКЛАДАХ ГСМ

ООО БАП «ХРОМДЕТ-ЭКОЛОГИЯ» специализируется в области разработки и изготовления газоаналитического оборудования, основное назначение которого – контроль загрязненности воздушной среды промышленных предприятий вредными и взрывоопасными веществами. Выпускаемые нами газоанализаторы давно и успешно применяются в различных отраслях промышленности. За это время накоплен достаточно большой практический опыт эксплуатации этих приборов. Настоящая статья представляет собой краткий обзор возможных применений газоанализаторов КОЛИОН-1 на предприятиях нефтепродуктообеспечения, к числу которых относятся службы ГСМ.

Несколько слов о конструкции газоанализаторов КОЛИОН-1.

В газоанализаторах КОЛИОН-1 в зависимости от исполнения устанавливаются от одного до четырех детекторов:

- фотоионизационный детектор – для измерения для измерения углеводородов в диапазоне концентраций от долей ПДК до 5% НКПР;
- термокаталитический – для измерения углеводородов в диапазоне до 50 % НКПР;
- электрохимические – для измерения сероводорода, оксида углерода, диоксида азота и кислорода.

Выпускаются как переносные, так и стационарные модели газоанализаторов КОЛИОН-1.

В этих приборах применяется принудительный отбор пробы: анализируемый воздух прокачивается через детекторы с помощью встроенного микронасоса. Значения измеряемой концентрации в мг/м3 (%об.) представляется в цифровом виде на жидкокристаллическом индикаторе. Для измерений с помощью переносных моделей в удаленных и труднодоступных местах применяются удлинитель пробоотборника, длина которого может достигать 10 м, а также телескопическая штанга длиной 1,6 или 3,2м. Газоанализаторы имеют световую и звуковую сигнализацию о превышении измеряемой концентрацией установленных пороговых значений. В стационарных моделях уставлены реле, срабатывающие при превышении пороговых значений.

Основные технические характеристики различных моделей газоанализаторов КОЛИОН-1 приведены в таблицах 1 и 2.

1. Обеспечение безопасных условий труда. Проверка соответствия воздуха санитарным нормам и требованиям пожарной безопасности.

Основными загрязнителями воздуха предприятий нефтепродуктообеспечения являются пары углеводородов нефтепродуктов. Переносные модели газоанализаторов КОЛИОН-1 позволяют измерять содержание паров углеводородов нефти в диапазоне концентраций от долей ПДК воздуха рабочей зоны до 5% НКПР, кроме того, эти приборы селективно измеряют содержание кислорода. оксида углерода и сероводорода. В 2009 г. начато серийное производство новой линейки переносных многодетекторных моделей КОЛИОН-1 (см. таблицу), в которых для измерения углеводородов используются два детектора, что позволило расширить диапазон измерений до 50 % НКПР.

До недавнего времени для непрерывного контроля содержания углеводородов применялись стационарные газоанализаторы довзрывоопасных концентраций с порогами сигнализации 10 и 20 % НКПР. Это очень высокие концентрации, достижение таких значений возможно только при аварийной ситуации. Диапазон измерения стационарных газоанализаторов КОЛИОН-1В-01С позволяет контролировать концентрации углеводородов от долей ПДК воздуха рабочей зоны углеводородов. Более низкие пороги сигнализации позволяют своевременно, до возникновения аварийной ситуации, обнаруживать неполадки (например, утечки) в технологическом оборудовании и принимать соответствующие меры.

2. Поиск утечек.

Благодаря быстродействию и принудительному пробоотбору переносные газоанализаторы КОЛИОН-1 применяются для поиска и определения интенсивности утечек в технологическом оборудовании. Высокая чувствительность газоанализатора позволяет обнаруживать точечные утечки с невысокой интенсивностью выделения компонентов даже в условиях сильной загазованности. Например, с помощью газоанализатора КОЛИОН-1 можно контролировать качество сварных швов, обнаруживать источники повышенной концентрации в насосных и пр.

3. Контроль уровня загрязненности почвы.

Газоанализаторы КОЛИОН-1 являются удобным средством предварительного оперативного контроля загрязненности почвы нефтепродуктами с целью определения мест максимальной загрязненности для пробоотбора и последующего анализа, оценки глубины проникновения загрязнителя в почву и пр. Для этого измеряется содержание загрязнителей в воздухе над поверхностью почвы или в специальных шурфах. На основании показаний газоанализатора может быть составлена карта загрязненности участка и определены места пробоотбора для последующего анализа. Благодаря быстродействию прибора обследование даже больших площадей может быть выполнено за короткое время.

С помощью газоанализаторов КОЛИОН-1 можно локализовать место негерметичности в подземных резервуарах, поскольку вблизи места утечки загрязненность почвы увеличена.

4. Контроль загрязненности воздуха в аварийных ситуациях.

В чрезвычайных ситуациях, связанных с выбросами (или разливами) вредных и ядовитых веществ, а также при их ликвидации, с помощью газоанализатора можно оценить степень опасности, направление и скорость перемещения загрязнителя в воздухе, уровень загрязнения и глубину проникновения загрязнителя в почву.

Таблица 1

Основные технические характеристики переносных моделей газоанализаторов КОЛИОН-1

Принцип измерения	Фотоионизационный, термокаталитический, электрохимический					
Отбор пробы	Принудительный					
Сигнализация	Световая и звуковая					
Габаритные размеры, мм	65 × 205 × 180					
Масса, кг	1,3					
Питание	NiMH					
Время работы от аккумуляторов, ч	Не менее 8					
Длина пробоотборной трубки, м	От 1 до 10 по отдельному заказу					
Рабочие условия эксплуатации: температура, °С относительная влажность, %	 от минус 30 до 45 От 10 до 90 (неконденсируемая)					
Маркировка взрывозащиты	ExibIIBT4					
Межповерочный интервал, мес	12					
Гарантийный срок, мес	18					
Диапазон измерений						
Модель	УВ мг/м^3	УВ % НКПР	CO мг/м^3	H_2S мг/м^3	NO_2 мг/м^3	O_2 %об.
КОЛИОН-1В	0 – 2000					
КОЛИОН-1В-02	0 – 2000		0 – 300			
КОЛИОН-1В-03	0 – 2000			**0 - 30**		
КОЛИОН-1В-04	0 – 2000				0 – 10	
КОЛИОН-1В-05	0 – 2000					0 – 30
КОЛИОН-1В-21	0 – 2000	0 - 50				
КОЛИОН-1В-22	0 – 2000	0 – 50	0 – 300			
КОЛИОН-1В-23	0 – 2000	0 – 50		**0 - 30**		
КОЛИОН-1В-24	0 – 2000	0 – 50				0 – 30
КОЛИОН-1В-25	0 – 2000	0 – 50		**0 - 30**		0 – 30
КОЛИОН-1В-26	0 – 2000	0 – 50	0 – 300			0 – 30
КОЛИОН-1В-27	0 – 2000	0 – 50	0 – 300	**0 - 30**		

Таблица 2

Основные технические характеристики стационарных моделей газоанализаторов КОЛИОН-1

Принцип измерения	Фотоионизационный, электрохимический	
Отбор пробы	Принудительный	
Сигнализация	2 порога, световая, релейные сигналы	
Реле	Коммутируемый ток 1А, 220В	
Рабочие условия эксплуатации: температура, °С относительная влажность, %	 От 5 до 45 От 10 до 95 (неконденсируемая)	
Маркировка взрывозащиты	ExibIIBT4	
Питание	220 В, 50 Гц	
Выходные сигналы	Цифровая индикация, «сухие» контакты реле, выход на компьютер через RS 232	
Межповерочный интервал, мес	12	
Гарантийный срок, мес	18	
Диапазон измерения, мг/м`		
Модель	УВ	H_2S
КОЛИОН-1В-01С	0 – 2000	
КОЛИОН-1В-03С	0 – 2000	0 – 30

Рупрехт фон Гвиннер
Mess-und Fördertecnik Gwinner GmbH & Co.
Президент

Громов Владимир Константинович
Mess-und Fördertecnik Gwinner GmbH & Co.
Руководитель Авиационных Проектов

Weidenbaumsweg 91a
D – 21035 Hamburg
Тел.: 8-10-49-40-725-50-126
Факс: 8-10-49-40-725-50-111
www.mfx-systems.de

ФИЛОСОФИЯ ПРОГРЕССА

Офис в Москве:
11 735 Россия, Москва,
Ул. Вавилова 85, офис 1
Тел.: (495) 980-26-73
Факс: (4950 980-26-74
E-mail: v.gromov@mfx-systems.ru

Научно-технические революции, прогресс, время, системотехника, интеллектуальные датчики давления, нейронные сети, инженерия программного обеспечения, информационные технологии, интеллектуальные информационные системы, искусственный интеллект - все это спрессовано в одном отрезке времени, который называется будущее.
Будущее это то, что мы делаем сегодня!

Развитие современных Топливозаправочных Комплексов (ТЗК), как впрочем, и всей инфраструктуры аэропортов, находятся под воздействием мирового научно-технического прогресса. Термин прогресс (лат. progressus — движение вперёд, успех) определяет направление путей развития, поступательное движение улучшения характеристик сложных технических систем. Общеизвестно, что движущей силой научно-технического прогресса современности, является стремление к переходу от индустриального к постиндустриальному устройству общества под воздействием научно-технических революций в целях обеспечения растущих потребностей человека. Научно-техническая революция (НТР) есть коренное качественное преобразование производительных сил на основе превращения науки в ведущий фактор производства, в результате чего происходит трансформация индустриального общества в постиндустриальное.

Современное индустриальное общество (нем. Industriegesellschaft) это тип общества, которое достигло такого уровня общественно-экономического развития, при котором наибольший вклад в стоимость материальных благ вносит добыча и переработка природных ресурсов, а также промышленность. Индустриальное общество возникает в результате промышленной революции. При этом происходит перераспределение рабочей силы: занятость населения в сфере сельского хозяйства падает с 70-80% до 10-15%, и возрастает доля занятости населения в промышленности до 80-85%. Доминирующим фактором производства становится предпринимательская деятельность в различных областях. Однако в результате научно-технической революции индустриальное общество трансформируется в постиндустриальное общество.

Постиндустриальное общество представляет собой общество, в котором производственными ресурсами становятся информация и знания. Научные разработки становятся главной движущей силой экономики. Наиболее ценными качествами являются уровень образования, профессионализм, обучаемость и креативность работника.

Размышления о дальнейшем пути развития ТЗК, заставляют нас думать о Будущем как о философской категории. При этом Будущее рассматривается как часть линии времени с множеством событий, которые ещё не произошли, но произойдут. Ввиду того, что всякие события характеризуются как временем, так и местом, то будущее занимает область пространственно-временного континуума. Будущее всегда занимало и занимает особое место в философии и в человеческом разуме вообще. По одной из теорий (Индетерминизм) будущее не предопределено и люди могут сами творить его. По другой теории будущее предопределено заранее (Детерминизм) и люди не подвластны времени. Значимость будущего подчёркивается тем, что люди сильно нуждаются в предсказаниях и прогнозах того, что с ними произойдёт. Возможно, что развитие человеческого мозга в большой своей части это развитие познавательных способностей, необходимых для того, чтобы прогнозировать будущее, то есть категория развития воображения, логики и индукции.

Однако если смотреть на проблему прогнозирования Будущего с инженерной точки зрения, то приходишь к выводу, что если чисто эмпирически сконцентрировать и систематизировать знания и опыт групп людей, занятых одной сферой деятельности, то в результате появляется новый продукт, применение которого, в той или иной области производства, совсем не трудно спрогнозировать. Для этого нужно лишь системно изучать те процессы, которые происходят в научно-техническом сообществе, и своевременно реагировать на вызовы времени.

Для сотрудников фирмы Mess-und Fördertecnik Gwinner GmbH & Co. будущее мыслиться как совокупность проектов в области ТЗК аэропортов и реализуемых сегодня на базе системотехники (англ. Systems Engineering), как синтеза науки и практики при создании сложных технических систем. Системотехника является важным направлением науки и техники, охватывающие проектирование, создание, испытание и эксплуатацию сложных систем технического и социально-технического характера. В общем случае, системотехника является прикладным воплощением теории систем. В узком смысле слова, системотехника это инженерная дисциплина, посвящённая:

- Проектированию и внедрению топливных систем аэропортов на базе инженерии систем;
- Проектированию и внедрению аппаратных средств вычислительной техники и интеллектуальных вычислителей параметров потока (англ. Flow Computer) как средства управления технологическими линиями;
- Проектированию и внедрению системного и сетевого программного обеспечения;
- Разработке и внедрению прикладного программного обеспечения;
- Отладке, настройке, опытной эксплуатация и поэтапному введению в действие модульных систем и аппаратных средств вычислительной техники на основе интеллектуальных компьютерных систем;
- Техническому обслуживанию ТЗК и их информационных систем;
- Организации защиты информации в информационных системах от несанкционированного доступа.

Рис. 1. Системотехнические системные модули фирмы M+F в сборочном

Важнейшей составляющей системотехники является инженерия программного обеспечения для Топливозаправочных комплексов (ТЗК) аэропортов, которая в свою очередь является приложением системного подхода к проектированию, оперированию и обслуживанию программного обеспечения ТЗК, а также исследованию этих подходов; то есть, приложение дисциплины инженерии к программному обеспечению.

Программная инженерия в приложениях для ТЗК это интегрирование принципов математики, информатики и компьютерных наук с инженерными решениями, разработанными на основе механики, гидравлики, электротехники и электроники.

По мнению специалистов фирмы Mess-und Fördertecnik Gwinner GmbH & Co., дисциплина программной инженерии включается в круг вопросов компьютинга (англ. computing) и может рассматриваться как инженерная область, имеющая более тесные связи с базовыми дисциплинами — компьютерными науками и механикой. Среди других инженерных дисциплин она качественно выделяется нематериальностью программного обеспечения и дискретной природой его функционирования. Иначе говоря, компьютинг есть дисциплина, основанная на синтезе механики, математике и программной инженерии и занимается разработкой системных моделей и методов производства высококачественного программного обеспечения. Компьютинговый подход распространяется на все уровни развития ТЗК — от теории и принципов до реальной практики создания систем и оборудования для ТЗК и программного обеспечения для него.

Термин «инженерия программного обеспечения» появился впервые в 1968 году на Международной Конференции «Инженерия программного обеспечения» и предназначался для того, чтобы спровоцировать размышления относительно текущего в то время «кризиса программного обеспечения». С этого момента, инженерия программного обеспечения продолжает развиваться как профессия и область исследований, посвященных созданию программного обеспечения под новые технологии, которые имеет более высокое качество, более доступны, и на сегодня применимы для решения проблем технического перевооружения ТЗК.

Так как область все еще относительно молода по сравнению со своими базовыми областями инженерии, на сегодня все еще ведутся дебаты вокруг того, что представляет собой «инженерия программного обеспечения», и удовлетворяет ли оно понятию инженерии. Этот спор развивается естественным образом, начавшись с попыток рассматривать создание программного обеспечения только как программирование. На сегодня, с точки зрения инженеров фирмы Mess-und Fördertecnik Gwinner GmbH & Co., термин «Разработка программного обеспечения» рассматривается как более мощная конструкционно-ёмкая методология программного обеспечения в сравнении с процессом написания машинного кода программистами.

Разработка программного обеспечения тесно связана с такими дисциплинами как: информатика, управление проектами и инженерия систем. В связи с этим, все большее значение приобретает формирование в структурах ТЗК департаментов (отделов – кому как нравится) Информационных Технологий (ИТ, от англ. Information Technology, IT). Департаменты Информационных Технологий в структурах ТЗК аэропортов должны опираться на широкий класс дисциплин, относящихся к технологиям управления, инженерии и обработки данных, а также химмотологии авиационных топлив, смазок и жидкостей и вопросов обеспечения безопасности полетов.

В последнее время под информационными технологиями чаще всего понимают компьютерные технологии, так как ИТ имеют дело с использованием компьютеров, вычислителей параметров потока и программного обеспечения для хранения, преобразования, защиты, обработки, передачи и получения информации. Однако, согласно определению, принятому ЮНЕСКО, ИТ это комплекс взаимосвязанных научных, технологических, инженерных дисциплин, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации, вычислительную технику и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практические приложения, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы. Сами ИТ требуют сложной подготовки специалистов, больших первоначальных затрат и наукоемкой техники. Их введение должно начинаться с создания математического обеспечения и формирования информационных потоков ТЗК аэропортов.

К основным задачам современных департаментов ИТ ТЗК аэропортов следует отнести:

- формирование исходной информации от вычислителей параметров потока MFX-4;
- формирование информационных потоков ТЗК и их локальных вычислительных сетей на базе стандартных протоколов передачи данных CAN-Open, TCP\IP, Ethernet;
- компьютерная обработка информации по заданным алгоритмам в АСУ ТП COTAS и ее хранение;
- интеграция АСУ ТП COTAS с аэропортовыми ERP-системами (англ. Enterprise Resource Planning System — Система планирования ресурсов предприятия) - системой AODB (англ. Airport Operational Database);
- интеграция АСУ ТП COTAS с бухгалтерскими системами 1С или SAP и биллинговыми системами;
- передача счетов авиакомпаниям за заправку воздушных судов на любые расстояния в ограниченное время.

В широком понимании ИТ охватывают все области получения, передачи, хранения, восприятия и переработки информации, а не только компьютерные технологии. При этом ИТ, и довольно часто, ассоциируют именно с компьютерными технологиями, и это не случайно, так как появление компьютеров вывело ИТ на новый уровень. Как когда-то телевидение, а ещё ранее печатное дело. При этом основой ИТ являются технологиями получения, обработки, хранения и восприятия информации.

В связи с этим, широкое значение приобретает создание информационных систем ТЗК, которые представляют собой совокупность технического, программного и организационного обеспечения, а также персонала, и предназначены для своевременного обеспечения руководящего состава надлежащей информацией. Федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. N 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» даёт следующее определение: «информационная система — совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку с помощью информационных технологий и технических средств».

Современные ИС де-факто немыслимы без использования баз данных и СУБД, поэтому термин «информационная система» на практике сливается по смыслу с термином «система баз данных».

Классифицируя информационные системы по архитектуре, их в первую очередь отличают по степени распределённости как:

- настольные (desktop), или локальные ИС, в которых все компоненты (БД, СУБД, клиентские приложения) работают на одном компьютере;
- распределённые (distributed) ИС, где компоненты распределены по локальным вычислителям потока MFX-4 и рабочими станциями.

Представителем аппаратного и программного обеспечения для распределенных Информационных Систем топливозаправочных комплексов является вычислитель параметров потока (англ. Flow Computer) MFX-4.

Объективно, количественно измерить научно-технический прогресс весьма сложно. Однако в информационных технологиях, мерилом прогресса могут служить скорости работы микропроцессоров. Один из основателей фирмы Intel Гордон Мур (Gordon E. Moore), основываясь на эмпирических данных, высказал предположение, что число транзисторов на кристалле будет удваиваться каждые 24 месяца. Представив в виде графика рост производительности запоминающих микросхем, он обнаружил экспоненциальную закономерность: новые модели микросхем разрабатывались спустя более или менее одинаковые периоды (18—24 мес.) после появления их предшественников, а ёмкость их при этом возрастала каждый раз примерно вдвое. Если такая тенденция продолжится, заключил Мур, то мощность вычислительных устройств экспоненциально возрастёт на протяжении относительно короткого промежутка времени. Это предположение получило название «закон Мура».

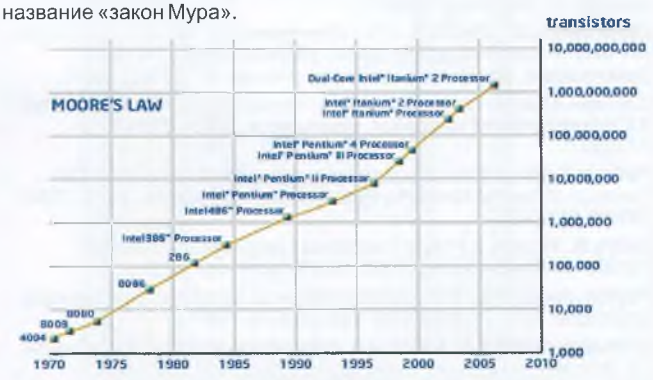


Рис 2. Кривая зависимости увеличения производительности компьютеров от количества транзисторов на кристалле по времени. Количество удваивается каждые 2 года.

Согласно Закону Мура, компьютерная микроминиатюризация для целей автоматизации производства, будет развиваться ускоренными темпами. Будут развиваться многоядерные процессоры и мультипроцессорные системы. Микроминиатюризация интегральных схем позволила создать и освоить промышленностью интеллектуальных датчиков давления, которые применяются в технологических системах ТЗК аэропортов Внуково и Домодедово.

Принцип действия интеллектуальных датчиков давления построен на способности кремневой пластины, менять электрический потенциал в зависимости от величины изменения воздействующего на нее давления. В очень упрощенном виде работу прибора можно описать так: сенсор на основе монокристаллического кремниевого элемента преобразует давление в электрический сигнал, который усиливается и передается в микропроцессор, установленный в самом приборе, а не в центральном контроллере или АСУ ТП, как в классических схемах. Именно поэтому они и называются «интеллектуальные датчики давления». Устройством обеспечения интеллекта является микропроцессор, который производит математическую обработку информации непосредственно в процессе измерения давления, а также активно управляет процессом измерения. Обработка данных в самом приборе основное отличие интеллектуальных датчиков от других приборов для измерения давления.

На выходе интеллектуального датчика давления выдается аналоговый электрический или цифровой сигнал, совместимый с протоколами HART (наиболее распространенный), Modbus, FieldBus и другими. Либо выходной сигнал может быть как аналоговым, так и цифровым. Интеллектуальные датчики давления могут быть запрограммированы в зависимости от требований конкретного ТЗК аэропорта с учетом его динамики. Наличие микропроцессора позволяет не только повысить точность измерений, но и значительно расширить функции прибора. Такие датчики давления могут обрабатывать и хранить в памяти большие массивы информации, работать в автономном режиме значительный период времени, (до нескольких месяцев), проводить самостоятельную диагностику работы сенсора и самостоятельно корректировать возникающие погрешности.

Интеллектуальные датчики давления могут быть наделены функцией самообучения с элементами искусственного интеллекта. В них заложена возможность расширенной коммутации (передачи данных), многократного измерения параметров. По сути это микрокомпьютер напрямую соединенный с сенсором.

Рис. 3. Семейство интеллектуальных датчиков давления

Использование интеллектуальных датчиков давления можно охарактеризовать так: «Глаза и уши ТЗК». Они измеряют избыточное давление, абсолютное давление, разность давлений, гидростатическое давление (уровень) топлива, специальных технологических жидкостей, сжатого воздуха, или же другой среды.

Дальнейшая ступень эволюции компьютерной техники может привести к развитию искусственных нейронных сетей взамен ныне существующих локальных распределенных сетей управления.

Теперь давайте немного заглянем в будущее, используя закономерности цепей Маркова. Цепь Маркова это последовательность случайных событий с конечным или счётным числом исходов, характеризующаяся тем свойством, что, говоря нестрого, при фиксированном настоящем - будущее независимо от прошлого, но носит отпечаток прошлого. Исходя из этого, делаем определение, что Искусственные нейронные сети (ИНС) представляют собой математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в мозге, и при попытке смоделировать эти процессы. Первой такой попыткой были нейронные сети Маккалока и Питтса. Впоследствии, после разработки алгоритмов обучения, получаемые модели стали использовать в практических целях: в задачах прогнозирования, распознавания образов, в задачах управления и др.

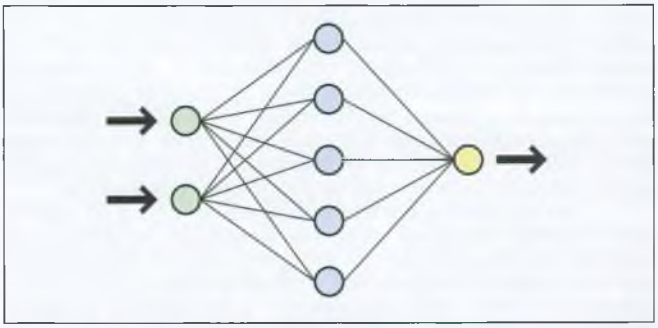


Рис 4. Схема простой нейронной сети. Зелёным обозначены входные элементы, жёлтым — выходной элемент

ИНС представляют собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Такие процессоры обычно довольно просты, особенно в сравнении с процессорами, используемыми в персональных компьютерах. Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам. И тем не менее, будучи соединёнными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи.

И авторы полагают, что уже совсем недалеко то время, когда ИНС появятся в ТЗК аэропортов, а за ними последует Его Величество Искусственный Интеллект, элементы которого уже присутствуют в ТЗК аэропортов.

Список используемой литературы:

Гринин Л. Е. Производительные силы и исторический процесс. 3-е изд. М.: КомКнига, 2006.

Коротаев А.В., Малков А. С., Халтурина Д. А. Законы истории. Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография, экономика, культура. 2-е изд. М.: УРСС, 2007.

Саймон Хайкин Нейронные сети: полный курс. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. «Вильямс», 2006. ISBN 0-13-273350-1

Роберт Каллан Основные концепции нейронных сетей. The Essence of Neural Networks First Edition. «Вильямс», 2001. ISBN 5-8459-0210-X

Sabry A. What is a Purely Functional Language?. Journal of Functional Programming, 1998, Vol. 8, No 1, pp. 1-22

Peyton Jones S.L. The implementation of functional programming languages. N.Y., Prentice Hall International, 1987.

Вольфенгаген В.Э. Методы и средства вычислений с объектами. Аппликативные вычислительные системы. АО «Центр ЮрИнфоР», 2004. ISBN 5-89158-100-0

Гэри А. Минтчелл (Gary A. Mintchell), Пришла пора интеллектуальных датчиков, журнал CONTROL ENGINEERING, 2003

Таблица используемой технической документации фирмы Mess-und Fördertecnik Gwinner GmbH & Co.

0570 - MFX_4 Controller, Руководство пользователя

0601 - MFX_4 Terminal, Руководство пользователя

0607 - MFX_4 EDI Интерфейс сопряжения Ethernet, Руководство пользователя

0531 - MFX_4 SDI Интерфейс последовательных сопряжений, Руководство пользователя

0428 - UPC_ Работа с базой данных и Конфигурация, Руководство пользователя

0374 – Вычислитель MFX_100 Flow computer, Брошюра

0369 – Вычислитель MFX_90 Flow computer, Брошюра

Годнев А.Г. – руководитель авиационных проектов фирмы «M+F»

МОДЕЛЬ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УЧЕТНЫХ ОПЕРАЦИЙ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ.

На точность определения массы нефтепродуктов (НП) в резервуарах в реальных условиях хозяйствования нефтебаз и АЗС влияют следующие факторы.

Во-первых, высокоточные результаты измерений, полученные с датчико-преобразующей аппаратуры, гарантированно не обеспечивают высокоточный результат вычисления массы НП в резервуаре, так как не принимается во внимание стабильность градуировочных характеристик самого резервуара как средства измерения в зависимости от воздействия на него температуры окружающей среды, величины снежного покрова на крыше, утонения стенок резервуара от ржавления, величины наполнения и т.п. Кроме того, математическая модель погрешности вычисления массы НП, хранимые в резервуаре, по ГОСТ Р8.595-2004 практически не учитывает влияние многих дестабилизирующих факторов на величину погрешности градуировачных характеристик. Во-вторых, такие параметры, как температура и плотность НП, являются настолько переменными величинами по высоте и сечению резервуара, что даже их высокоточное измерение очень часто не отражает их среднестатистического значения по всему объему НП, находящихся в резервуаре, что в свою очередь, естественно, приводит к большой погрешности вычисления массы. И в третьих, при расчете массы НП важную роль играет правильность установки, расположения датчиков на резервуаре. Так, например, близкое расположение датчиков плотности, температуры, давления к стенкам или днищу резервуара обязательно приводит к большим расхождениям между массой, вычисляемой на основе результатов измерения, и фактической массой, хранимой в резервуаре.

Предлагается применять следующий метод повышения точности вычисления хранимой массы НП на основе корреляционной связи между результатами измерений при отпуске нефтепродукта через автоматизированный стояк налива топлива по массе (АСН) и фактическими измерениями уровня и плотности НП в самом резервуаре.

Как известно, погрешность измерения отпускаемой дозы НП потребителю через массовый расходомер не превышает $\alpha = \pm 0{,}25\%$, а при использовании объемного счетчика и ручного измерения плотности – величины $\alpha = \pm 0{,}3 \ldots 0{,}4\%$. В узле учета АСН формируется результат измерений для товарно-транспортной накладной, который далее передается в бухгалтерию и именно на основе этих измерений формируется за отчетный период так называемые «книжные остатки». По отношению к «книжным остаткам» определяется величина дизбаланса между «книжными остатками» и фактическими измерениями в резервуаре. Поскольку два измерения одной и той же величины массы НП (прошедшей через АСН и отобранной из резервуара) коррелированны между собой, то, очевидно, возникает возможность уменьшить погрешность вычисления массы НП, отпускаемой из резервуара, за счет ее точного измерения узлом учета АСН и одновременно с заданной вероятностью и погрешностью определить величину массы НП, оставшейся в резервуаре.

Известно, что теория корреляции относится к решению задачи обоснованного прогноза, т.е. к указанию пределов, в которых с наперед заданной надежностью будет содержаться интересующая нас величина, если другие связанные с ней величины получают определенные значения.

Начальные условия поставленной задачи формулируются следующим образом.

Предположим, что масса нефтепродукта Y, хранимых в резервуаре, зависит в среднем (без учета случайной погрешности измерения массы НП с помощью узла учета АСН и зафиксированной в бухгалтерских документах) линейно от аргумента x. Математически это означает, что для математического ожидания Y при данном значении X имеем уравнение регрессионной прямой

$$M(Y/x) = \alpha + \beta x, \qquad (1)$$

где x- некая масса дизельного топлива, экипируемого в бензовоз;
y – некая масса дизельного топлива, отобранная из резервуара.
Наша задача на основе точных измерений экипируемых масс АСН установить наиболее близкое соответствие между экипируемой массой m, объемом v и плотностью ρ $x = f(v,\rho)$ и массой m^1, объемом v^1 и плотностью ρ^1, забираемой из резервуара. Также задача заключается в том, что когда по бухгалтерским документам все топливо должно быть реализовано из резервуара или часть его, в резервуаре фактическая масса топлива должна соответствовать бухгалтерским книжным остаткам. В идеальном случае тогда уравнение *(1)* должно иметь вид $M(Y/x) = \beta x$. т.е. α -должна равняться 0, а $\beta = 1$, и прямая регрессии должна к терминальному моменту пройти через начало координат.

Программа по отпускаемым дозам x строит уравнение регрессии и с каждой заправкой бензовоза производит прогноз выполнения условия: $\alpha = 0, \beta = 1$.

В силу воздействия неучтенных случайных факторов и причин на градуировочную характеристику резервуара и измеряемую среднестатистическую плотность $\bar{\rho}$ отдельные наблюдения у будут в большей или меньшей мере отклоняться от функции регрессии . В этом случае уравнение взаимосвязи двух переменных представим в виде:

$$Y = f(x) + \varepsilon ,$$

где ε – случайная переменная, характеризующая отклонение от функции регрессии $f(x)$.
Однако, чтобы реализовать выше описанную математическую модель необходимо выполнить следующие постулаты регриссионного анализа:

1. Возмущение ε_i (или зависимая переменная y_i) есть величина случайная, а объясняющая переменная x_i - величина не случайная (масса топлива, экипируемого в локомотив фиксируется в ТТН без погрешности, т.е. это абсолютная истина).
2. Математическое ожидание возмущение ε_i равно нулю:
$M(\varepsilon_i) = 0$.
3. Дисперсия возмущения ε_i постоянна для любого i:
$D(\varepsilon i) = \sigma^2$

или $D(y) = \sigma^2$ - условие равноизменчивости возмущения (зависимой переменной).

4. Возмущение ε_i и ε_j (или переменные y_i и y_j) не коррелированны.
$M(\varepsilon_i : \varepsilon_j) = 0 \quad (i \neq j)$
5. Возмущение ε_j (или зависимая переменная y_i) есть нормально распределенная случайная величина.

Из пяти выше перечисленных условий наиболее жестким является условие под номером 3. Однако это жесткое условие выполняется в системе коммерческого учета нефтепродуктов УИП-9602 за счет запатентованной конструкции уровнемера.
Каждый метр уровнемера разбит на 8 поддиапазонов, каждый из которых оканчивается эталонной концевой мерой с погрешностью срабатывания $\delta = \pm 0{,}5$мм (см.рис.1).

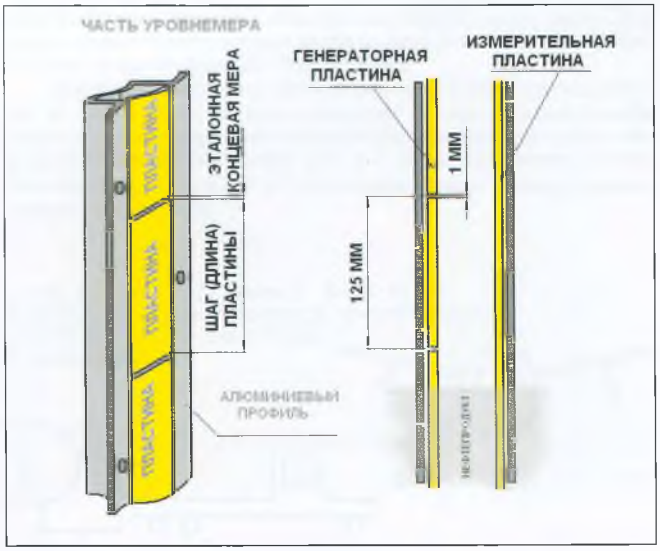


Рис.1

Генераторные электроды длиной 125мм выполняются путем фотолитографии на фольгированном гетенаксе с погрешностью своих размеров в несколько микрон.

Таким образом весь 12м диапазон измерения в резервуаре РВС- 1000м^3 получается разбит на 96 поддиапазонов, каждый из которых оканчивается эталонной концевой мерой. Дисперсию σ измерения массы у в каждой такой объемной ячейке практически можно считать постоянной от отпускаемой x.

То есть программа фиксирует прохождения уровня через одну концевую меру, затем через вторую и сравнивает с результатами (объем, плотность, масса), полученных с узла учета АСН. В идеале все измеряемые параметры (не будь ошибок в градуировке, измерениях ρ) должны были бы совпадать. Расхождение между результатами измерений на АСН и по резервуару для РВС-1000 при экипировке 12500л не должны превышать по объему величины ΔV 0,8%, по плотности $\Delta\rho$ 0,1%, по массе Δm 1%. При отпуске 50000л расхождение между АСН и результатами измерений по резервуару должны обеспечивать сходимость результатов не хуже $\sigma = \pm 0{,}2\%$ по массе.

Таким образом произведя заправку 3х - 4х бензовозов программа рассчитывает ход линии регрессии. В зависимости от прогноза (который при каждой последующей экипировки уточняется) вносится корректировка (в пределах ± 0,5% обычно по плотности), чтобы к терминальному моменту (резервуар пуст) x и у были равны нулю. Т.е. в товарно-транспортной накладной будет автоматически распечатываться плотность топлива по отношению к информации с плотномера от 0 до ±0,5% больше или меньше.

Вместе с тем многократно вымеренный объем в резервуаре между концевыми эталонными мерами позволяет контролировать и стабильность метрологических характеристик по объему и самого АСНа. Так например, если разница по мере отпуска нефтепродуктов между результатами измерений узла учета АСН и объемами между эталонными концевыми мерами постоянно увеличивается, превышая установленные пределы погрешности, то АСН либо переливает, либо недоливает нефтепродукт при его отпуске.

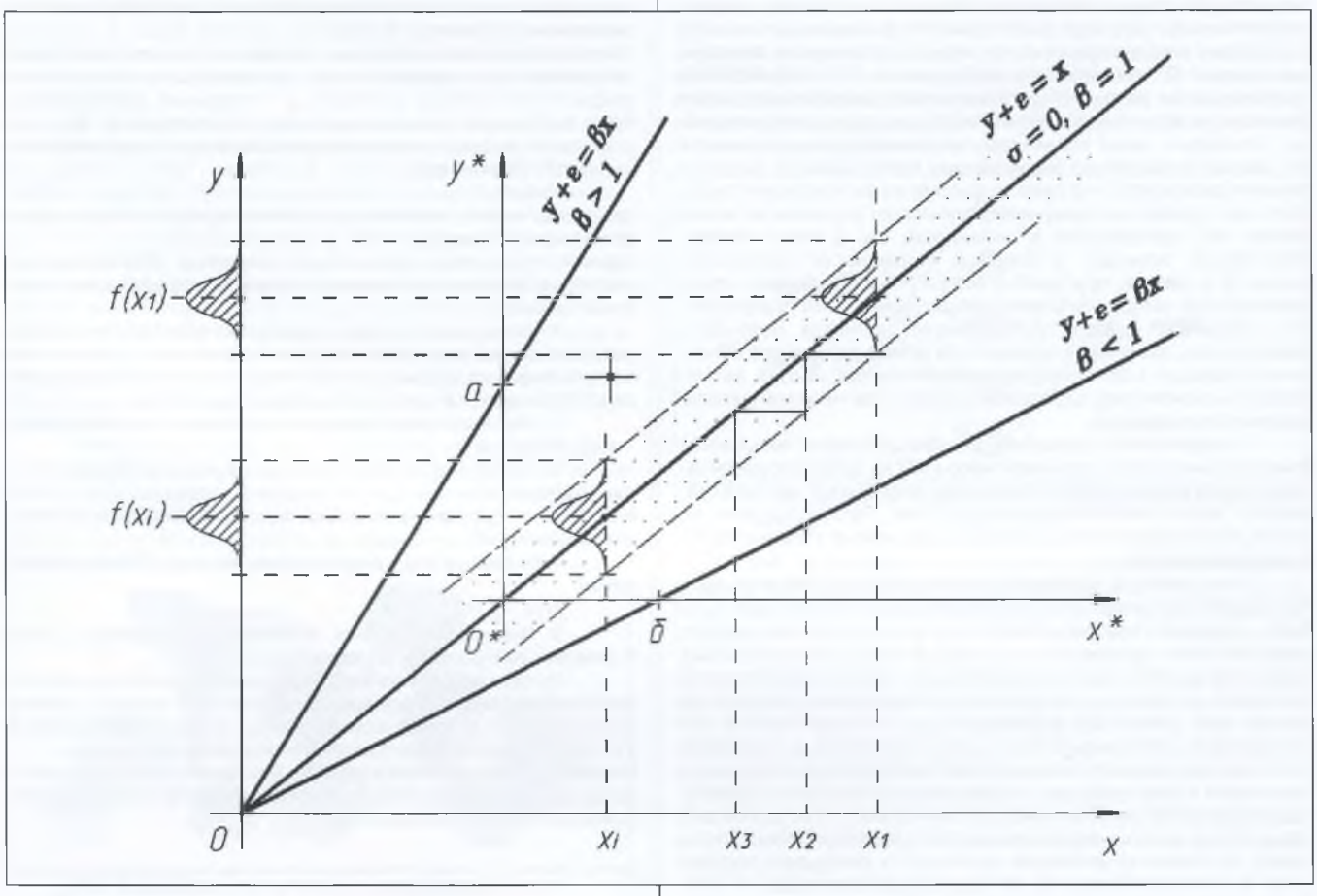


Рис. 2

Таким образом, автоматизированные средства измерения, на топливном складе охваченные сквозными корреляционными связями позволяет постоянно контролировать соответствующие метрологические характеристики средств измерения, градуировочные характеристики резервуаров, проводить из единого центра инвентаризацию любой нефтебазы, а также в пределах гостированного интервала неопределенности компенсировать возможные недопоставки топлива при его приеме.

Тимиркеев Р.Г., Начальник НИС ОАО «НИАТ» д.т.н., профессор

Миненков А.А., Начальник НИЛ ОАО «НИАТ» к.т.н.

Трушин О.И., инженер-технолог ОАО «НИАТ», аспирант

Франков С.В. инженер-технолог ОАО «НИАТ», аспирант

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЧИСТОТЫ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ЗАПРАВКЕ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ЛА

Наибольшие сложности обеспечения чистоты бортовых систем связаны с заправкой топливных систем, что связано не только с высокими требованиями по чистоте, но и с большими объемами топлива, а также с наличием несливаемого остатка топлива в баках ЛА с загрязненностью до 15-17-го классов по ГОСТ 17216.

Так как рабочий уровень чистоты авиатоплива, в частности, определяется эффектом перемешивания остаточного топлива с вновь заправленным, то требования к чистоте при заправке авиатопливом особенно высоки, до 1,7 г/л (6-й класс).

На рис. 1. приведена типовая схема фильтрации авиатоплива на складах ГСМ на ЛИСах заводов-изготовителей ЛА и в аэропортах гражданской авиации.

Масса мехпримесей за фильтром $M = M_{хр} - M_{ф}$ является разницей между массой загрязнений, поступающих на фильтр из раздаточных емкостей-хранилищ $M_{хр}$ и удерживаемых на фильтрах:

$$M_{ф} = \varphi \frac{Q}{V_{хр}} dt$$

где $V_{хр}$ - объем хранилищ.

По нормам Гражданской авиации регламентирован отстой топлива из расчета 4 ч. на 1 м налива. Однако и после этого частицы мельче 20…25 мкм всегда находятся в объеме жидкости. Этот факт объясняется наличием конвективных токов, возникающих как из-за броуновского движения, так и из-за различных температурных градиентов (изменения погоды, времени суток и т.п.).

В этом случае осаждение частиц менее 25 мкм происходит не по прямой линии, а по хаотичной изломанно-разнонаправленной траектории. В соответствии с макроскопической теорией диффузии Эйнштейна-Смолуховского расстояние ℓ между двумя уровнями по вертикали определяются законом:

$$\ell = \sqrt{N_t D_t^3}; \qquad \ell = Const \sqrt{M_{хр}}$$

При высоте налива топлива H и диаметре емкости-хранилища $D_{хр}$ имеем:

$$M_{хр} = \frac{Q}{V_{хр}} D^2 \ell dt = \lambda_{хр} \sqrt{M_{хр}} dt$$

где $\lambda_{хр} = \frac{Q}{V_{хр}}$ - интенсивность процесса заправки.

Уравнение материального баланса примет вид:

$$\frac{dx}{dt} = \lambda_{хр} \sqrt{x} - \varphi \frac{Q}{V_{хр}} x$$

Математическая модель процесса заправки ЛА из топливных емкостей-хранилищ через наземные, аэродромные средства очистки будет:

$$x = \left\{ x_0 \exp\left(-\frac{1}{2}\varphi t\right) + \frac{\sqrt{x_0 \lambda_{хр}}}{\sqrt{\varphi}} \left[1 - \exp\left(-\frac{1}{2}\varphi t\right)\right] \right\}^2$$

Полученная модель отвечает следующим условиям:

при $t = 0$ $x = x_0$ - при начальной концентрации примесей;

при $t \to \infty$ $x = x_{пр} = x_0 \left(\frac{\lambda_{хр}}{\varphi}\right)^2$ - предельное значение концентрации.

Численные решения модели представлены на рис. 2.

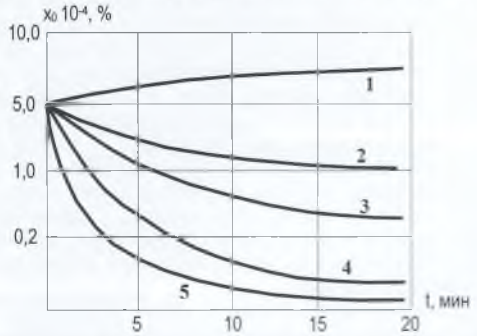


Рисунок 2. – Численное решение модели заправки гидротопливных систем при различных отношениях $\lambda_{хр}/\varphi$. графики 1. 2, 3, 4 и 5 при $\lambda_{хр}/\varphi$ =2,0; 0,9; 0,5; 0,25 и 0,15, соответственно.

Анализ решений позволяет сделать следующие выводы:

1) снижение начальной загрязненности возможно только при отношении $\lambda_{хр}/\varphi$ <1;

2) увеличение интенсивности процесса фильтрации за счет улучшения тонкости очистки фильтров или их грязеемкости в 2 раза, приводит к снижению уровня концентрации в квадрате, то есть в 4 раза;

3) значение предельной концентрации $x_{пр}$ стабилизируется через 5-6 мин. при расчетных значениях $\lambda_{хр}$ ≈0,06 $\frac{г}{т \cdot мин}$, типичных для аэродромных емкостей-хранилищ при V_c = 1000т и расходе авиатоплива Q = 1000 л/мин при заправке;

4) увеличение количества и повышение качества наземных средств фильтрации является более эффективным средством очистки жидкости, чем ее очисткой, особенно гидравлических масел.

Существующие средства наземной очистки авиатоплива на базе фильтров-сепаратов СТ-2500 и фильтров ТФ-2М с 5 мкм фильтроэлементами 8Д2.966.063 на заправщиках типа ТЗ-22 обеспечивают предельную очистку $x_{пр}$ до 2,5 г/т, что соответствует 4-у классу чистоты по ГОСТ 17216.

Современные топливозаправщики типа ТЗ-40 с совмещенными в одном корпусе фильтрующими и водоотталкивающими материалами с увеличенной массой и грязеемкостью в сравнении с фильтрами ТФ-2М более чем в 3 раза, позволяют достичь значений $x_{пр}$ ≈ 1,5-1,7 г/т, что соответствует Международным нормам по ИСО 9006.

1 – ж/д цистерна; 2, 5, 7 – насосы; 3 – фильтр 40 мкм;
4 - емкость-хранилище авиатоплива; 6 - фильтр-сепаратор СТ 2500 (1…2 мкм); 8 - фильтр 5 мкм;
9 – автозаправщик.

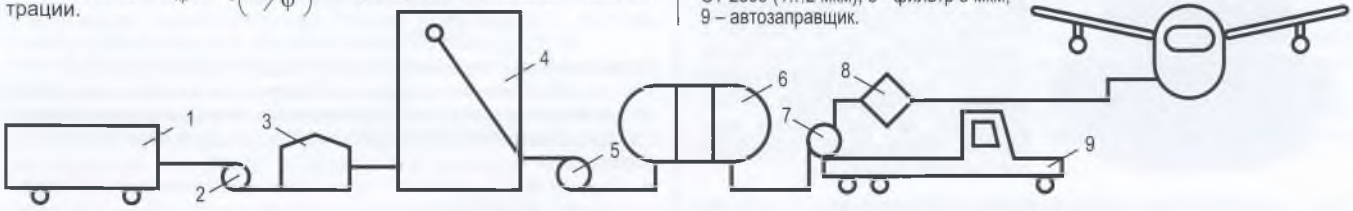


Рисунок 1 – Схема фильтрации и заправки авиатопливом ЛА. В схеме реализован принцип последовательной трехкратной фильтрации.

Громов В. К.
Mess-und Fördertechnik Gwinner GmbH & Co.
Руководитель Авиационных Проектов

Сыроедов Н.Е.
Кандидат технических наук,
доцент Московского Государственного
Технического Университета
гражданской авиации

ПРАКТИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ДВИЖЕНИИ ПОТОКОВ ТОПЛИВА В СИСТЕМАХ ЦЗС И ВЫРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИДРОУДАРНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТРУБОПРОВОДНУЮ СЕТЬ И ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМ ЦЗС.

Учет влияния гидродинамических процессов при нестационарных режимах движения потока топлива на трубопроводную сеть и оборудование, является важным этапом гидравлического расчета при проектировании систем ЦЗС аэропортов. В основе методики расчета лежит классическая работа Н.Е. Жуковского «О гидравлическом ударе в водопроводных трубах» [1].

Гидравлический удар (гидроудар) — скачок давления в заполненной топливом трубопроводной системе ЦЗС, вызванный изменением скорости потока топлива за время закрытия автоматического клапана гидрантного колодца. Гидравлический удар способен вызывать образование продольных трещин в трубах, что может привести к их разрушению или повреждению других элементов трубопровода.

Явление гидравлического удара неизменно привлекало внимание ученых и инженеров во многих странах в связи с научным и практическим аспектами проектирования и строительства систем ЦЗС в аэропортах мира. Основные физические и гидродинамические процессы, протекающие в элементах трубопроводных систем при гидравлическом ударе, на сегодня в основном изучены. В то же время, в реальных системах ЦЗС аэропортов причины возникновения гидравлических ударов и методы снижения воздействия гидродинамических процессов на элементы трубопроводной системы и оборудования не до конца изучены, что вызывает некоторые затруднения при их проектировании, строительстве и эксплуатации.

Отметим, что в системах ЦЗС возникают следующие виды гидродинамических процессов: гидроудары - объясняемые свойствами сжимаемости капельных жидкостей и кавитация (от лат. cavitas — пустота) — образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков. или каверн), заполненных газом, паром или их смесью.

В общем случае, гидравлические удары в трубопроводах систем ЦЗС как результат неустановившегося напорного движения топлива в упругих трубопроводах, где основной причиной их возникновения является быстрое изменение скорости потока, вызывающее смещение слоев топлива и, как следствие, рост давления. Исходя из этого определения, рассмотрим два основных фактора возникновения гидравлических ударов в напорных трубопроводах:

- скорость закрытия клапана гидрантного колодца по окончанию заправки воздушного судна;
- старт-стопные режимы работы насосных агрегатов.

Рис. 1. Автоматический клапан гидрантного колодца модели 61654D 6 x 4 по нормам API 1584 – 3е Издание, производство фирмы Carter

При этом надо учитывать что, гидравлический удар представляет собой многофакторный быстродействующий периодический процесс обусловленный скоростью закрытия клапанов гидрантных колодцев а также упругими деформациями топлива и стенок трубы. Согласно нормам API 1584 – 3е Издание, с целью снижения величины скачка давления при гидравлических ударах, нормированное время закрытия автоматических клапанов гидрантных колодцев составляет 2 – 5 секунд.

Отсюда вытекает, что за время закрытия клапана Δt = 2 – 5 секунд будет происходить формирование первичных слоев скачка давления перед клапаном и если давление у клапана до его закрытия было P, то давление после закрытия $P_{зк}$ клапана будет равно:

$$P_{зк}=P+\Delta P$$

На основании теоремы количества движения величина ΔP равняется:

$$\Delta P=\rho c V \quad (1)$$

Где:
ρ – плотность жидкости;
c – скорость распространения ударной волны (формула Н.Е. Жуковского).

Далее формируется второй слой уплотнения, на который давят следующие слои, и т.д. Постепенно повышенное давление, возникшее первоначально непосредственно у клапана, распространяется далее по всему трубопроводу против течения топлива в виде ударной волны со скоростью с.

Скорость распространения ударной волны выражается формулой Н.Е. Жуковского, впервые исследовавшего явление гидравлических ударов в трубопроводах Московского водопровода. В уравнении для скорости распространения ударной волны величина скорость ее распространения c определится по формуле:

$$c=\frac{1}{\sqrt{\frac{\rho}{K}+\frac{2\rho r}{\delta E}}} \text{ (м/сек)}$$

Где:
r - радиус трубопровода; E - модуль упругости материала трубы; δ - толщина стенки трубопровода; K - объемный модуль упругости жидкости.

Если предположить, что трубы имеют абсолютно жесткие стенки, т.е. E = ∞ , то скорость ударной волны определится из выражения

$$c=\sqrt{\frac{K}{\rho}} \text{ (м/сек)}$$

Последнее выражение представляет собой скорость распространения возмущенных слоев топлива - ударной волны, при неупругих стенках трубопровода. Она равна скорости звука в жидкости, занимающий неограниченно большой объем трубопровода.

Что бы понять причины возникновения гидравлических ударов, рассмотрим некоторые механические характеристики жидкостей. Известно, что одной из основных механических характеристик жидкости является ее плотность. При этом под плотностью жидкости понимают массу жидкости заключенную в единице объема:

$$\rho=\frac{m}{V} \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

Удельным весом называют вес единицы объема жидкости, который определяется по формуле:

$$\beta_V=-\frac{1}{V}\frac{dV}{dP} \text{ (м}^2\text{/Н)}$$

С увеличением температуры удельный вес жидкости уменьшается.

Сжимаемость - свойство жидкости изменять свой объем под действием давления. Сжимаемость жидкости характеризуется коэффициентом объемного сжатия, который определяется по формуле:

$$\gamma=\frac{G}{V} \text{(Н/м}^3\text{)}$$

Где:
V - первоначальный объем жидкости,
Тогда, изменение первоначального объема, при увеличении давления на величину dP будет dV. Величина обратная β_v называется модулем объемной упругости жидкости и определяется по формуле:

$$K = \frac{1}{\beta} \ (Н/м^2)$$

Модуль объемной упругости не постоянен и зависит от давления и температуры. При гидравлических расчетах сжимаемостью жидкости обычно пренебрегают и считают жидкости практически несжимаемыми. Сжатие жидкостей в основном обусловлено сжатием растворенного в них газа. Растворимость газов в жидкостях характеризуется объемом растворенного газа в единице объема жидкости и определяется по закону Генри:

$$V_г = V_{ж} k \frac{P}{P_a} \ (м^3)$$

Где: $V_г$ - объем растворенного газа; $V_{ж}$ - объем жидкости; k - коэффициент растворимости; P – давление топлива; P_a - атмосферное давление.

Закон Генри устанавливает, что при постоянной температуре растворимость газа в данной жидкости прямо пропорциональна давлению этого газа над раствором. Закон пригоден лишь для идеальных растворов и невысоких давлений. Закон описан английским химиком У. Генри в 1803 г.

В более удобной форме Закон Генри записывается следующим образом:

$$C = kP$$

где:
P - парциальное давление газа над раствором, C - концентрация газа в растворе в долях моля, k - коэффициент Генри.

При этом коэффициент растворимости k имеет следующие значения при температуре 20°С: для воды 0,016, керосина 0,13, топлива для реактивных двигателей ТС-1 0,292, минеральных масел 0,08, жидкости АМГ-10 - 0,1. При понижении давления выделяется растворимый в жидкости газ.

Из вышесказанного, делаем заключение, что:
Топливо в системах ЦЗС, имея высокий коэффициент растворимости, содержит в своем составе определенный объем растворенного газа, который вызывает смещение слоев топлива и его сжимаемость при уменьшении скорости потока в результате автоматического закрытия клапанов гидрантных колодцев в момент окончания заправки воздушных судов, что и является причиной образования гидравлических ударов.

В результате смещения слоев топлива в момент закрытия автоматических клапанов гидрантных колодцев образуется ударная волна, которая распространяется по кольцевой трубопроводной системе со скоростью с. Для воды эта скорость равна 1435 м/с, для бензина 1116 м/с, для масла 1200 - 1400 м/с.

Специфика переходных процессов при гидравлических ударах в основном определяется многократным наложением ударных волн в зависимости от конструктивных особенностей систем ЦЗС в аэропортах и трансформацией этих волн при их прохождении по всей длине кольцевых трубопроводов [2]. В системах ЦЗС, как и во многих других инженерных задачах, при решении этих задач следует учитывать многофакторность и нелинейность гидродинамических процессов.

Особое влияние на переходные процессы оказывают такие факторы как: появление в трубопроводах гидроударов (скачков уплотнения) и процессы их затухания; наличие в трубах растворенного в жидкости воздуха и связанные с этим процессы кавитации, выражающиеся в разрыве оплошности среды при падении давления ниже величины давления насыщенных паров топлива.

Важным вкладом в методику расчета гидравлического удара было создание аналитических графических методов [2]. Это позволяет специалистами в области гидравлических ударов, производить расчеты для кольцевых систем ЦЗС без учета нелинейных кавитационных процессов. Эти методики позволяют гарантировать достаточную точность расчета и возможность массового использования методик в повседневной практике.

Применение численных методов позволяет массово использовать вычислительную технику и производить расчеты систем ЦЗС практически без ограничения сложности [3, 4].

Применение методов математического моделирования для решения проблем, связанных с гидравлическими ударами, а также проведения численных экспериментов по изучению нестационарных процессов в реальных трубопроводах систем ЦЗС с применением новейших аппаратно-программных комплексов, позволило существенно повысить точность и достоверность результатов. Для этого понадобилось создание более точных нелинейных математических моделей для изучения распространения ударных волн в кольцевых трубопроводных системах и учетом влияния конструктивных элементов системы.

Современным подходом при разработке программ для расчета режимов работы инженерных сетей, в частности и для расчета нестационарных гидродинамических процессов в трубопроводных системах, является создание программно-расчетных комплексов на основе использования геоинформационных технологий (ГИС). Это позволяет решать весь перечень задач, связанных с разработкой, проектированием и эксплуатацией систем ЦЗС аэропортов в ожидаемых условиях эксплуатации.

Применение ГИС для проектирования систем ЦЗС и, в частности, исследования нестационарных процессов дает существенное преимущество по сравнению с использованием других программных продуктов.

Закон управления насосной станцией гидрантной системы обеспечивает постоянство расхода и давления (Q и P) на всех клапанах гидрантных колодцев. Исполнительными механизмами являются системы частного регулирования электроприводов насосных агрегатов и расходомеры системы обратной связи. Поэтому система находится в нестационарном режиме работы, связанном со старт/стопным режимом работы и изменением частоты вращения насосных агрегатов. Ввиду свойств рабочей жидкости, линейно связанных с плотностью и вязкостью, это приводит к возникновению скачков уплотнения и разрывам оплошности среды, т.е. с короткопериодическими повышениями давления в трубопроводной системе.

При этом более острой становится потребность в мероприятиях по уменьшению степени воздействия этих явлений на трубы, фитинги и запорную арматуру системы ЦЗС аэропорта. Особо остро стоит вопрос воздействия этих явлений на клапаны гидрантных колодцев, скорость закрытия которых является самостоятельным фактором возникновения гидравлических ударов, воздействующих на средства фильтрации насосных станций и заправочные агрегаты воздушных судов. Наряду с этим, короткопериодические колебания давления вызывают размывание зон отстоя в нижних точках трубопроводной системы, что приводит к появлению выбросов из них воды и механических примесей, скопившиеся за время между дренированием сервисных колодцев, предусмотренное регламентом по обслуживанию системы ЦЗС. В этом случае возможен подсос из загрязненных локальных зон системы ЦЗС, и, кроме того, могут проявляться эффекты, связанные с кавитацией.

При выборе методов снижения воздействия гидроударов и кавитации на элементы конструкции системы ЦЗС, существенную помощь могут оказать математические модели для компьютерных программ, позволяющая оценить эффективность планируемых мероприятий.

Математическая модель программы расчета гидравлического удара в системах ЦЗС представляет собой взвешенный ориентированный граф. Трубопроводная сеть состоит из участков (труб) и узлов (гидрантные и технологические колодцы, насосная станция, резервуарный парк и так далее).

Распространение волн сжатия и разрежения в трубах описывается квазилинейной системой дифференциальных уравнений первого порядка с частными производными

$$h_x + \frac{1}{g} V_t + \lambda \frac{V|V|}{2g} = 0$$

$$h_t + \frac{c^2}{g} V_x = 0$$

Здесь $V(x, t)$ - скорость, а $h(x, t)$ - пьезометрический напор, нижний индекс означает частную производную по соответствующей переменной. Решение этой системы проводится численными методами характеристик:

$$\frac{g}{c_R}(h_P - h_R) + V_P - V_R + \frac{2 f_R V_R |V_R|}{d} = 0$$

$$-\frac{g}{c_S}(h_P - h_S) + V_P - V_S + \frac{2 f_S V_S |V_S|}{d} = 0$$

Используются следующие обозначения: нижний индекс R или S означает, что соответствующая физическая величина берется в предыдущем слое по времени либо в точке слева, либо справа от расчетной точки с индексом P, c - скорость звука, g - ускорение свободного падения, d - диаметр трубы, f - коэффициент гидравлического сопротивления.

Скорость распространения волн ввиду наличия растворенного воздуха существенным образом зависит от давления упругость стенок трубы.

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \qquad \frac{1}{E} = \frac{1 - \beta}{K} + \frac{\beta}{P} + \frac{d}{\delta E_0}$$

Здесь β- доля (объемная) нерастворенного воздуха в воде, ρ - плотность смеси керосин-воздух, E - модуль Юнга для смеси керосин-воздух с поправкой на упругость трубы, K - модуль упругости керосина при отсутствии нерастворенного воздуха, d - диаметр трубы, δ - толщина стенки трубы, E_0 - модуль Юнга материала трубы.

Уравнения решается при начальных условиях с помощью стационарного гидравлического расчета для чего используется стандартный расчетный модуль с граничными условиями, определяемых конструктивными элементами системы. Например, нормированный расход описывается граничным условием вида $V(x_1, t) = V_1$, а резервуары (при достаточно большой поверхности) условием $h(x_2, t) = h_2$.

К более сложным граничным условиям приводят соединение нескольких труб в одном узле (технологический колодцы), насосный агрегат, задвижки с двойным уплотнением DBV, местные сопротивления Микрофильтров и Фильтров Водоотделителей, измерительные мембраны, цифровые дискретные мембранные клапана, и другие потребители с заданным гидравлическим сопротивлением.

Наличие задвижек с двойным уплотнением (DBV) приводит к граничным условиям

$$V_1 = V_2$$

$$h_2 - h_1 = \lambda(t)\frac{V_1^2}{2g}$$

Здесь $\lambda(t)$ - безразмерный коэффициент сопротивления задвижки. Для каждого конкретного типа задвижки коэффициент сопротивления можно выразить через степень закрытия задвижки, а зависимость по времени закрытия задается техническими характеристиками, например, временем закрытия в ручном и автоматизированном режиме, продолжительность процесса и назначить линейную зависимость степени закрытия от времени, что является важным фактором образования гидроударов и степени их воздействия.

Взаимодействие насосной группы с потоком жидкости описывается уравнением движения

$$I\frac{d\omega}{dt} = M_1 + M_2 + M_{Tp}$$

Где: I - момент инерции насосного агрегата, ω - угловая скорость вращения рабочего колеса насоса, M_1 - вращающий момент электродвигателя, $M_2 = GH/\omega$ - момент с которым жидкость воздействует на рабочее колесо насоса, M_{Tp} - момент сил трения.

Простейшая модель насоса описывается следующим образом. Задается G - H характеристика насоса в виде параболы:

$$H = A\omega^2 + B\omega G - CG^2$$

Тогда граничные условия примут вид:

$$G_1 = G_2,$$

$$h_2 - h_1 = A\omega^2 + B\omega G - CG^2$$

Расход G очевидным образом выражается через скорость $G = \pi d2/4$ При наличии обратного клапана в случае возникновении отрицательного расхода жидкости через насос, срабатывание обратного клапана приводит к граничному условию $G = 0$.

В программе имеются справочники по задвижкам и насосам, что позволяет пользователю либо выбрать устройство из справочника либо добавить в список новое устройство и ввести характеристику табличным способом.

Соединение труб в одном узле при гидравлических расчетах технологических камер приводит к следующим граничным условиям:

$$G_1 + G_2 + \ldots + G_m = 0$$

$$h_1 = h_2 = \ldots = h_m$$

В практике расчетов с использование программных комплексов, гидравлические расчеты систем ЦЗС любой сложности делятся на две стадии: **I стадия** для стационарных условий течения топлива с целью оптимизации диаметров фидерных линий, параллельных кольцевых раздаточных трубопроводов и отводов; **II стадия** для нестационарных условий с целью производства прочностных расчетов, т.е. подбора толщины стенок труб и фитингов, класса прочности запорной арматуры и другого оборудования.

Для выработки практических рекомендаций по реконструкции и строительству новых систем ЦЗС, рассмотрим математическое моделирование с точки зрения волнового уравнения для случая гидравлического удара. Прежде чем приступить к выработке рекомендаций по снижению воздействия гидравлических ударов, отметим тот факт, что существующие системы ЦЗС были спроектированы и построены в начале 80х годов прошлого столетия, когда еще не были так глубоко исследованы гидродинамические процессы в системах ЦЗС. Анализ существующих систем ЦЗС показывает, что большинство из них построены как простые разветвленные тупиковые трубопроводы. В процессе эксплуатации проводилась некоторая модернизация, однако она касалась в основном замены оборудования выработавшего свой ресурс и не касалась радикальных изменений с учетом новейших технологий.

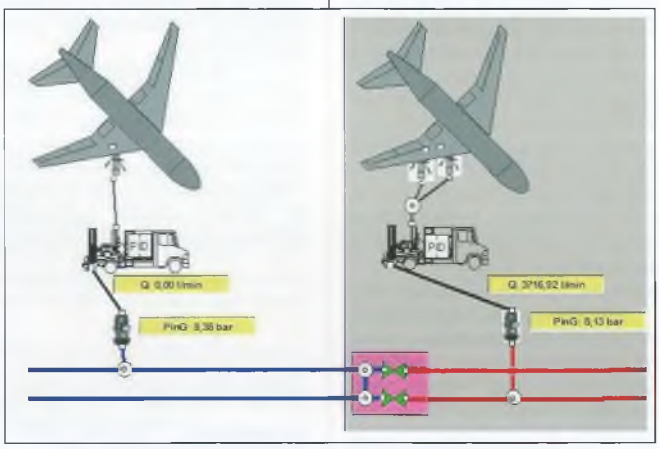


Рис. 2. «Кольцевание» трубопровода со строительством технологической камеры с кольцевой перемычкой

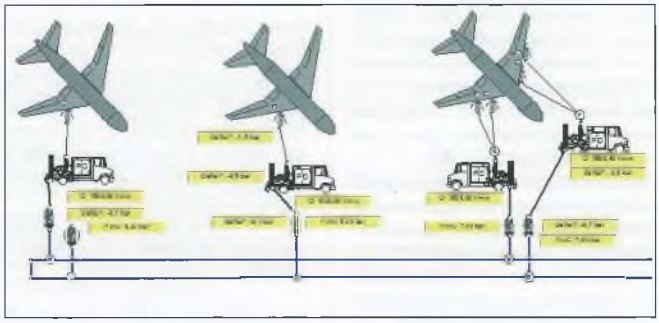


Рис. 3. Концевое «Кольцевание» трубопровода

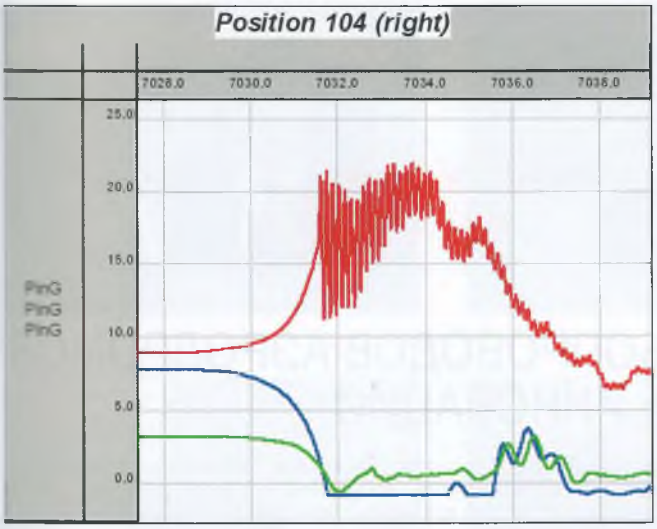


Рис. 4. Гидравлический удар в разветвленной тупиковой системе ЦЗС при закрытии клапана гидрантного колодца (стоянка 104 правая). Время закрытия клапана 3 сек. Красный - замер на клапане гидрантного колодца, голубой - замер в сервисном колодце, зеленый - замер на наконечнике заправочного агрегата.

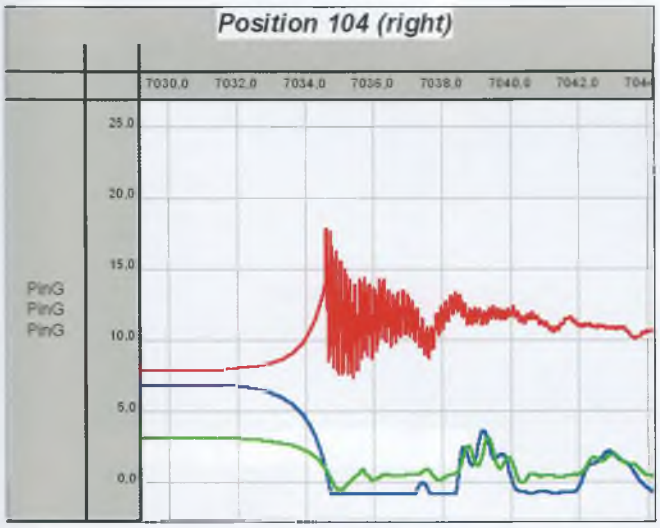


Рис. 5. Гидравлический удар в «закольцованной» системе ЦЗС при закрытии клапана гидрантного колодца (стоянка 104 правая). Время закрытия клапана 3 сек. Красный - замер на клапане гидрантного колодца, голубой - замер в сервисном колодце, зеленый - замер на наконечнике заправочного агрегата.

Поскольку распространение ударной волны по трубопроводу носит волновой характер, то волновое уравнение для случая гидравлического удара получим из общего волнового дифференциального уравнения:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{1}{a^2}\Delta u;$$

После проведения необходимых преобразований, получим уравнение для случая неустановившегося напорного движения реальной сжимаемой жидкости в упругих трубопроводах, и продифференцируем его по l и t получим:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial l^2} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 H}{\partial t^2}$$

Полученные волновые уравнения, решения которых принимают вид:

$$H - H_0 = F\left(t - \frac{l}{c}\right) + f\left(t + \frac{l}{c}\right);$$

$$V - V_0 = \frac{g}{c}\left[\left(t - \frac{l}{c}\right) - f\left(t + \frac{l}{c}\right)\right];$$

В полученном волновом уравнении для нестационарного движения вязкой сжимаемой жидкости в напорных трубопроводах функция F характеризует изменение напора (давления) и скорости распространения ударной волны по направлению оси l со скоростью c.

Анализ функции F волнового уравнения показал, что для уменьшения степени воздействия гидравлических ударов на трубопроводную систему и оборудование систем ЦЗС с разветвленной системой трубопроводов необходимо увеличить длину l (путь) движения ударной волны. Принимая во внимание вязкость и силу трения топлива о стенки трубопровода, можно с уверенность сказать, что такое техническое мероприятие приведет к снижению величины скачка давления по длине трубопровода и уменьшит его воздействие на фильтрационную группу. Установка цифрового дифференциального мембранного клапана даст гарантированную защиту фильтрующих элементов от прямого воздействия гидравлического удара. К тому же, уменьшится и отраженная волна.

С целью увеличения пути движения ударной волны можем рекомендовать на существующих системах ЦЗС выполнить «кольцевание» трубопроводов путем строительства дополнительных технологических колодцев на маршруте трубопроводной системы с установкой кольцевых перемычек или на концевых участках, так как это показано на рисунке **2** и **3**. Это приведет к некоторым затратам, но позволит увеличить длину трубопроводов, что приведет к гашению ударной волны до приемлемых значений. Эту рекомендацию необходимо учитывать и при проектировании строительства новых систем ЦЗС, это позволит:

- Значительно снизить величину гидравлических ударов;
- Увеличить эксплуатационную гибкость системы ЦЗС путем отключения неисправных участков трубопроводов;
- Легко и эффективно производить промывку трубопроводов после завершения строительства и реконструкции;
- Больше гибкости для проверки герметичности трубопроводов;
- Уменьшить среднее падение давления.

На рисунке **4** и **5** показан эффект рекомендуемых технических мероприятий по снижению воздействия гидравлического удара. Разумеется, в каждом конкретном случае необходимо разрабатывать комплекс технических мероприятий, позволяющих снизить воздействие гидравлических ударов, одно из них, простое и эффективное кольцевание трубопроводных систем.

Литература:

Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. М.-Л., Гостехиздат, 1949. 103 с.

Крайко А.Н. Краткий курс теоретической газовой динамики. М.: МФТИ, 2007. — С. 300. ISBN 978-5-7417-0229-1

Калицун В. И., Дроздов Е. В., Комаров А. С., Чижик К. И., Основы гидравлики и аэродинамики, «Стройиздат», 2002 г.

Федоткин И.М., Гулый И.С. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (теория, расчеты и конструкции кавитационных аппаратов).Ч.1. Полиграфкнига, 1997.

Штейнлихт Д.В. Гидравлика. М. КолосС, 2007. – 656 с. ISBN 978 – 5 – 9532 – 0595 – 5

F. Mohling. Statistical Mechanics: Methods and Applications. John Wiley and Sons, 1982. ISBN 0-470-27340-2

Фокс Д.А. Гидравлический анализ неустановившегося течения в трубопроводах. М, 1981.

Горошевский В.П.
к.т.н.
ООО НТЦ
«Транскор-К»

Камаева С.С.
к.т.н.
ООО НТЦ
«Транскор-К»

М.И. Друкаров,
к.т.н.
ООО НТЦ
«Транскор-К»

МАГНИТНАЯ ТОМОГРАФИЯ ТРУБОПРОВОДОВ АЭРОДРОМОВ – ПРОДОЛЖЕНИЕ ИННОВАЦИИ

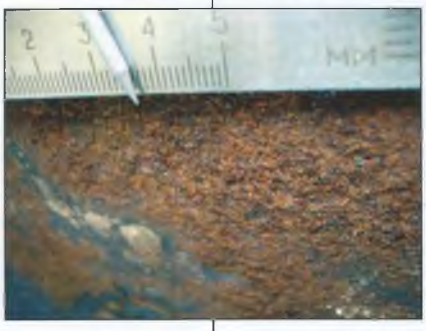
В предыдущем выпуске рассказывалось о новой технологии обеспечения безопасности инфраструктуры аэродромов - магнитной томографии трубопроводов (МТМ), не подлежащих внутритрубному инспектированию снарядами-дефектоскопами. В ситуации, когда подобные объекты расположены под железобетонными перекрытиями, невозможно применение и традиционных методов электрометрии. Разработчики нового метода готовы поделиться опытом инновации в КНДР, где в истекшем году проведен пилотный проект по инспектированию трубопроводов с диаметрами 159 и 377 мм аэропорта Guilin, эксплуатирующихся с 1996 года.

Ход обследования и основные результаты отражены на рис. 1-3.

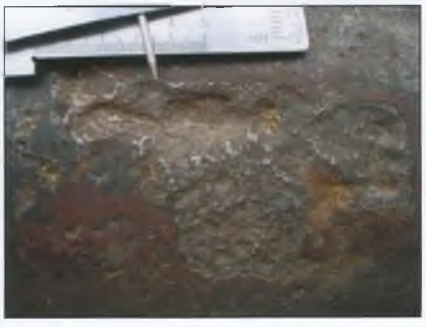
Важно, что успех российской технологии обеспечил ей конкурентоспособность на китайском рынке трубопроводного сервиса, поскольку правительством этой страны принята широкомасштабная программа реконструкции более ста аэропортов. Подобный опыт может оказаться полезным и отечественным организациям, осуществляющим строительство или капремонт топливной инфраструктуры, поскольку обеспечивает данными о реальном техническом состоянии объектов. В условиях, когда до 80 % трубопроводов практически эксплуатируются на пределе расчетного срока службы (более 30-ти лет), подобные данные могут послужить основой для обоснования очередности и сроков проведения реконструкции.

Рис. 1 Ход МТМ-инспектирования

Рис. 2: Стрелками указаны участки недопустимого технического состояния, нуждающиеся в первоочередном ремонте



40x10x1



Сыроедов Н.Е.
Кандидат технических наук,
доцент МГТУ ГА

Волков С.И.
аспирант МГТУ ГА

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДОВ МОЖЕТ БЫТЬ УСОВЕРШЕНСТВОВАНА.

Анализ опыта очистки трубопроводов, в том числе трубопроводных коммуникаций аэродромных складов ГСМ и систем ЦЗС, показывает, что в существующий в отечественных нормативных документах технологии, которые разрабатывались в 70-80 годах, могут быть существенно изменены для достижения главной задачи: обеспечение чистоты внутренних полостей. Важным, при отработке новых технологий, является обобщение отечественного и зарубежного опыта, современная оценка возможностей и достижений науки и техники. По нашему мнению также должны быть рассмотрены и уточнены организационно – технические мероприятия обеспечения чистоты полостей трубопроводов на всех этапах начиная от производства трубопроводов и нанесения антикоррозионного покрытия до промывки, испытаний и приемки в эксплуатацию. Можно так же отметить, что эта комплексная техническая задача может быть решена профессионально выстроенной технологией, подкрепленной техническим оснащением всех исполнителей, в том числе выполняющих работы по транспортировке, погрузке, разгрузке, раскладке по трассе, инженерной подготовки соответствующей трассы, работы по сварке секций в нитку и укладке в траншею. Кроме технических приемов по указанным процедурам должны быть четко определены программы и организационно-технические мероприятия по предупреждению загрязнений полостей трубопроводов для снижения затрат на последующую очистку строительно-монтажными предприятиями, в том числе по предупреждению попадания внутрь воды, снега, грунта и посторонних предметов, должны быть исключены нештатные случаи разгрузки труб на неподготовленных площадках, волочения труб по земле и т.п.
Необходимым условием обеспечения чистоты труб должно быть четкое взаимодействие исполнителей работ и будущих эксплуатантов в лице представителей ТЗК, обязательно с контролем последними всех этапов работ на аэродроме, начиная с согласования программы работ по этапам и конкретики контролирующих чистоту процедур исполнителями и эксплуатантами до оформления необходимых документов, в том числе при поэтапной приемки вводимых участков трубопроводных коммуникаций.

Специфика строительства трубопроводных коммуникаций систем ЦЗС на аэродромах требует научного обоснования технологии очистки и промывки участков трубопроводов, а также технологии периодического контроля чистоты внутренних полостей и очистки их в ходе последующей эксплуатации. Представляется, что для этого должны быть в строящихся трубопроводных коммуникациях систем ЦЗС в конструктивном исполнении предусмотрены специальные штатные устройства с размещением в технологических колодцах. При проектировании трассы трубопроводов, как показывает зарубежный опыт, должны быть четко продуманы все аспекты зачистки и промывки трубопроводов, также контроля чистоты их внутренних полостей.

Непозволительной роскошью представляется промывка трубопроводов авиатопливом, предусмотренная действующим Руководством. До ввода в эксплуатацию очистка трубопроводов может быть выполнена в общем случае промывкой, продувкой, вытеснением загрязнений в потоке жидкости или протягиванием очистных устройств специальной конструкции.

Анализ конструкций очистных устройств зарубежного и отечественного производства показывает, что при совершенствовании технологий очистки трубопроводов при вводе в эксплуатацию после их строительства эффективно применяется комплекс мероприятий. Следует учитывать, что ввод новых участков трубопроводных коммуникаций производится, как правило, в действующих системах ЦЗС, поэтому необходимо отрабатывать мероприятия без существенных отключений и тем более без срыва обеспечения полетов. При использовании очистных устройств должны быть подготовлены специальные места их запуска и приема, оборудования обеспечивающие прохождение очистного устройства по трубопроводу в процессе зачистки, специальные средства очистки остатков продукта и загрязнений, а также их утилизацию.

Рассмотрим для примера следующие технологии очистки трубопроводов.

Промывка. Промывка осуществляется с помощью пропуска очистного или разделительного устройства в потоке жидкости. Она обеспечивает удаление из трубопровода не только загрязнений, но и воздуха, что исключает необходимость установки воздухоспускных кранов, повышает надежность обнаружения утечек с помощью манометров. Скорость перемещения очистного или разделительного устройства при промывке должна быть не менее 1 км/ч для обеспечения безостановочного устойчивого движения устройства. Промывка происходит за счет мощной кавитации за очистным устройством. Промывка считается законченной, когда очистное или разделительное устройство выйдет из трубопровода неразрушенным.

При промывке без пропуска очистного или разделительного устройства качество очистки обеспечивается скоростным потоком жидкости. Скорость потока жидкости при промывке без пропуска очистных и разделительных устройств должна составлять не менее 5 км/ч. Протяженность участков трубопроводов диаметром более 219 мм, промываемых без пропуска очистных или разделительных устройств, устанавливается с учетом гидравлических потерь напора в трубопроводе и располагаемого напора насосного оборудования. Промывка без пропуска очистного или разделительного устройства считается законченной, когда из сливного патрубка выходит струя незагрязненной жидкости.

Продувка. Продувку с пропуском очистных поршней выполняют сжатым воздухом поступающим из ресивера (баллона) или высокопроизводительных компрессорных установок. Для продувки также могут быть использованы инертные газы, подводимые к трубопроводам от газовых установок промышленных предприятий. Ресивер для продувки создается на прилегающем участке трубопровода, ограниченном с обеих сторон заглушками или запорной арматурой. При заполнении ресивера воздухом передвижные компрессорные станции можно использовать по одной или объединить их в группы. В последнем случае нагнетательные трубопроводы каждого компрессора подключают к коллектору, по которому воздух подают в ресивер. Узел подключения располагают в середине продуваемого участка, который разделяет его на два плеча, попеременно являющиеся ресивером и продувочным плечом.

Надземные, монтируемые на опорах трубопроводы следует продувать с пропуском очистных устройств облегченной конструкции, масса и скорость перемещения которых не вызовут разрушения трубопровода или опор. Пропуск поршней по надземным трубопроводам осуществляют под давлением воздуха со скоростью не более 10 км/ч. Продувка с пропуском очистного устройства считается законченной, когда после вылета очистного устройства из продувочного патрубка выходит струя незагрязненного воздуха. Если после вылета очистного устройства из трубопровода выходит струя загрязненного воздуха или газа, необходимо провести повторную продувку участка. Если после вылета очистного устройства из продувочного патрубка выходит вода, по

трубопроводу дополнительно следует пропустить разделитель. На магистральных газопроводах производится трехкратная продувка с пропуском очистных устройств.

Вытеснение загрязнений в потоке жидкости. Очистка полости трубопроводов вытеснением загрязнений в скоростном потоке жидкости осуществляется в процессе удаления жидкости после гидроиспытания с пропуском поршня-разделителя под давлением сжатого воздуха или газа. Скорость перемещения поршня-разделителя в едином совмещенном процессе очистки полости и удаления воды должна быть не менее 5 км/ч и не более величины, определяемой технической характеристикой применяемого поршня-разделителя. Протяженность участка очистки полости вытеснением загрязнений в скоростном потоке жидкости устанавливается с учетом рельефа местности, давления в трубопроводе в начале очищаемого участка и характеристики поршня-разделителя.

Все перечисленные выше способы промывки трубопроводов имеют свои плюсы и минусы. Так промывка трубопроводов без очистного устройства не дает гарантию о чистоте нижних точек трубопровода. В связи с тем, что к авиатопливу предъявляются жесткие требования к качеству, это недопустимо, по отношению к системам ЦЗС. Окончательная промывка с использованием очистных устройств системы ЦЗС возможна только с использованием авиатоплива для исключения попадания в трубопровод воды, а это связано с большими материальными затратами. Также системы ЦЗС имеют сильно разветвленные схемы, что не позволяет производить промывку всей системы в целом.

Промывка систем ЦЗС продувкой с пропуском очистных устройств также связана частично с проблемами, которые возникают и при промывке с пропуском очистных устройств, но имеет некоторые плюсы. Продувка трубопроводов не требует использование авиатоплива, это приводит к уменьшению материальных затрат, но требует наличие спускных кранов для заполнения трубопровода после очистки. Если система эксплуатируется много лет, то это вызывает некоторые трудности при заполнении системы.

Очистка полости трубопровода вытеснением загрязнений в скоростном потоке жидкости осуществляется только в процессе удаления жидкости после гидроиспытаний. Этот способ также несет с собой большие материальные затраты в связи с использованием для гидроиспытаний авиатопливо. Чаще гидроиспытания проводятся заполнением трубопровода воздухом (при вводе в эксплуатацию) и только во время эксплуатации рабочей средой. На наш взгляд рекомендуемым способом очистки трубопроводов при вводе в эксплуатацию была бы продувка трубопроводов. Так как после монтажа в трубопроводе скапливается большое количество грунта, воды, окалины и т.п. При промывке этого трубопровода было бы израсходовано большое количество авиатоплива которое может и не использоваться после промывки по прямому назначению. Продувка не требует дополнительных приспособлений для сбора авиатоплива на выходе из промываемого трубопровода. Это облегчает процесс очистки систем ЦЗС.

При эксплуатации трубопровода можно было бы рекомендовать совместить очистку полости трубопровода вытеснением загрязнения в скоростном потоке жидкости и продувку с пропуском очистных устройств. В связи с тем, что имеются трудности при опорожнение трубопровода перед продувкой и экономически не выгодной промывкой трубопровода объединение этих двух способов облегчает процесс очистки полости трубопровода во время эксплуатации.

Рассмотренные варианты технологий можно рассматривать как альтернативные. Новые технологии очистки трубопроводов ЦЗС с регламентацией их в новых нормативных документах должны быть разработаны на основе опыта и проведения, специальных научно-исследовательских работ представляется, что затронутые в статье вопросы могут быть рассмотрены на «круглом столе» специалистов в ходе предстоящего заседания комитета авиаГСМ.

Список используемой литературы:

Руководство по технической эксплуатации складов и объектов горюче-смазочных материалов предприятий гражданской авиации. М.: Аэропроект 1994 г.

Нормы технологического проектирования разветвленных нефтепродуктопроводов ВНТП-3-90. М.: 1989г.

Информационный сборник №4 комитета авиаГСМ. Статья: «Опыт промывки и ввода в эксплуатацию нового участка транспортного топливопровода в аэропорту «Домодедово».

Громов В.К.
Mess-und Fördertechnik Gwinner GmbH & Co.
Руководитель авиационных проектов

ОТ АВТОМАТИЗАЦИИ К СИСТЕМАМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ

В начале 90х годов прошлого века стало ясно, что путь к решению задач, стоящих перед Топливозаправочными комплексами аэропортов лежит через организационно-технические мероприятия, направленные на повышение производительности труда операторов Автоматизация, как представлялось в те годы, есть одно из правильных направлений и единственно доступных средств достижения цели исключения оператора из системы ведения учетных операций в технологическом процессе. Для достижения этой цели требовалось внедрение в практику работы Топливозаправочных комплексов новых подходов в техническом обеспечении технологического процесса, в том числе электронных вычислительных средств, экономико-математических методов и систем управления, освобождающих человека-оператора от участия в технологическом процессе налива аэродромных топливозаправщиков. В те годы стало ясно, что простая замена технических устройств, узлов и агрегатов, не приведет к желаемому успеху. Для радикального решения задач, потребовалось принятие новой концепции, направленной на автоматизацию отдельных технологических процессов производства. Это в первую очередь привело бы к существенному уменьшению степени участия оператора в учетных операциях на пунктах налива и, как следствие, снижение трудоёмкости самих операций налива и обеспечения качества топлива по действовавшим на ту пору нормам. Для этого требовалось применение, в первую очередь, электронных вычислителей, специальных датчиков (сенсоров), устройств ввода/вывода, управляющих элементов (контроллеров), исполнительных устройств, использующих электронную технику и методы вычислений, копирующие мыслительные функции человека. При участии специалистов немецкой фирмы *Mess-und Fordertechnic Gwinner GmbH & Co.* (сокращенно M+F) была разработана концепция и технические решения модульной автоматизации отдельных технологических операций. Концептуальный подход модульной автоматизации предусматривал поэтапную автоматизацию технологических операций с дальнейшей интеграцией в Автоматизированную Систему Управления Технологическими Процессами (АСУ ТП). Этот подход к решению задач автоматизации прошел проверку временем и сегодня уже никто не сомневается в правильности этих концептуальных решений и на сегодняшний день идет речь о дальнейшем развитии системной техники на базе ультрасовременных технологий. Надо сказать, что к ответу на вызовы времени современные Топливозаправочные комплексы аэропортов России подготовлены не силой государственных инвестиций и программ, а, что особенно важно и приятно, силой собственной инициативы и средств.

В современных Автоматизированных Топливозаправочных комплексах используется термин «автоматизированное управление», подчеркивающий относительно большую степень участия человека в технологическом процессе. По философии автоматизированного управления процесса были построены и внедрены автоматизированные пункты налива аэродромных топливозаправщиков в аэропортах Внуково, Домодедово, Сургут и ряда других аэропортов. Сегодня технологии автоматизированных процессов стали классикой и находят все более широкое применение. Дальнейшее развитие автоматизации технологических процессов привело к созданию автоматизированных систем управления.

В конечном счете, целью автоматизации является повышение производительности труда, улучшение качества обслуживания клиентуры Топливозаправочных комплексов (авиакомпаний), оптимизация управления, устранение человека от производств, опасных для здоровья и сохранения качества авиатоплив. Автоматизация, за исключением простейших случаев, требует комплексного, системного подхода к решению задач, поэтому технические решения стоящих перед автоматизацией задач обычно называются системами. На сегодняшний день наиболее актуальными для Топливозаправочных комплексов аэропортов системами являются Автоматизированные системы управления технологическим процессом АСУ ТП и Автоматизированная система управления предприятием АСУП.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) предназначены для решения задач оперативного управления и контроля технологическими объектами Топливозаправочных комплексов аэропортов. Специализированной для Топливозаправочных комплексов является АСУ ТП COTAS, которая представляет собой комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическими процессами. Для комплексного решения задач управления АСУ ТП COTAS имеет системную связь с автоматизированной системой управления предприятием (АСУ П). АСУ ТП COTAS представляет собой комплексное решение, обеспечивающее автоматизацию основных технологических операций в производственном цикле в целом или каком-то его обособленном участке. Термин «автоматизированный» в отличие от термина «автоматический» подчеркивает возможность участия человека в отдельных операциях, как в целях сохранения человеческого контроля над процессом, так и в связи со сложностью или нецелесообразностью автоматизации отдельных операций. Составными частями АСУ ТП COTAS являются отдельные системы автоматического управления (САУ), автоматизированные устройства и человеко-машинные интерфейсы, связанные в единый комплекс.

Человеко-машинный интерфейс (ЧМИ), понятие, охватывающее инженерные решения, обеспечивающие взаимодействие оператора с управляемыми им машинами или объектами. Создание систем человеко-машинного интерфейса тесно связано с эргономикой, но не тождественно ей. Проектирование ЧМИ включает в себя создание рабочего места: кресла, стола, или пульта управления, размещение приборов и органов управления, освещение рабочего места, и, по возможности, микроклимата. Также рассматриваются действия оператора с органами управления, их доступность и необходимые усилия, согласованность (непротиворечивость) управляющих воздействий и «защита от дурака», расположение дисплеев и размеры шрифтов для них. Наиболее сложной задачей является создание ЧМИ для пилотов самолёта. Реализация ЧМИ в Топливозаправочных комплексах аэропортов, чаще всего производится с использованием как полевых технических устройств как, например, вычислители MFX-100 и MFX-4 Terminal производства компании M+F, операторские панели и др., так и системы операторского управления. Как правило, АСУ ТП COTAS имеет единую систему операторского управления технологическим процессом в виде одного или нескольких пультов управления, средства обработки и архивирования информации о ходе процесса и типовые элементы автоматики: датчики, контроллеры и исполнительные устройства.

Наиболее приемлемой с экономической точки зрения архитектурой построения АСУ ТП COTAS является архитектура на базе применения распределённых систем управления РСУ

(англ. Distributed Control System, DCS). РСУ или DCS система для управления технологическим процессом, характеризуется построением распределённой системы ввода/вывода и децентрализацией обработки данных. В общем случае, РСУ применяются для управления непрерывными и гибридными технологическими процессами (хотя, строго говоря, сфера применения РСУ только этим не ограничена). К непрерывным процессам можно отнести и производственную деятельность аэропортов и их Топливозаправочных комплексов, поскольку останов процесса, даже кратковременный, может привести к срыву плана полетов, за которым следует ответственность. Типичным представителем аппаратных средств РСУ является вычислительный комплекс MFX-4, включающий в себя ЧМИ MFX-4 Terminal и вычислитель MFX-4 Controller в комплекте с коммуникационными устройствами. Для информационной связи распределенных систем используются промышленные сети с открытыми протоколами типа CanBus, TCP\IP и пакетных технологий компьютерных сетей Ethernet (эзернет, от лат. aether — эфир), преимущественно локальных вычислительных сетей (ЛВС). Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат кадров и протоколы управления доступом к среде на канальном уровне модели OSI. Ethernet в основном описывается стандартами IEEE группы 802.3. Ethernet стал самой распространённой технологией ЛВС со середины 90-х годов прошлого века, вытеснив такие устаревшие технологии, как Arcnet, FDDI и Token ring..

Интегрированная АСУ ТП COTAS это комплекс программных, технических, информационных, лингвистических, организационно-технологических средств и действий квалифицированного персонала, предназначенный для решения задач планирования и управления Топливозаправочным комплексом аэропорта и представляется как частный случай автоматизированной системы управления аэропорта. Для решения задач интегрированной АСУ ТП COTAS применяются технологии MRP, MRP II и ERP-систем. Интегрированная АСУ ТП COTAS решает задачи организации производства, включая основные производственные процессы, а также входящую и исходящую логистику. С помощью системы AFIS (англ. Airport Fuel Information System) АСУ ТП COTAS осуществляет краткосрочное планирование процесса и мониторинг заправки Воздушных Судов с учётом производственных мощностей. Таким образом, интегрированные системы АСУ ТП COTAS представляет собой производственную исполнительную систему, решающую задачу синхронизации и координации производственной деятельности Топливозаправочного комплекса в рамках каких-либо производственных структур, например, Приемного и Расходного складов и т.д..

Для автоматизации контроля качества топлива разрабатывается система QCS (сокр. от англ. Quality Control System – Система Контроля Качества - СКК). Система СКК представляет собой комплекс лабораторного оборудования и программного обеспечения, предназначенного для управления потоками работ по лабораторному исследованию качества топлива и генерированию Паспорта Качества. Система оптимизирует обор проб топлива, их анализ, возврат и отчетность лабораторных данных. СКК - системы, как правило, функционируют совместно с АСУП-системами, особенно это актуально для аэропортов с большим пассажирооборотом и, как следствие, авиатоплива, что позволяет снизить риск воздействия человеческого фактора на ошибочные действия и, как следствие, повышение уровня безопасности полетов. Назначением СКК является получение достоверной информации по результатам испытаний авиатоплив, а также генерирования Паспорта качества и передачи полученных данных в АСУ ТП и Автоматизированную систему ведения учетных операций АСУ Учет. Важным моментом является использование АСУ ТП COTAS для контроля и фиксации технологических операций, предусмотренных действующими Технологическими Картами (ТК) Топливозаправочного комплекса для принятия корректных и своевременных управленческих решений.

На современном этапе, главной целью создания АС является не упрощение выполнения технологических процедур, а категоризация и стандартизация технологического процесса для обеспечения стабильности и безотказности работы Топливозаправочного комплекса.

Для достижения согласованности функционирования систем управления Топливозаправочными комплексами с автоматизированными системами управления аэропорта, производится сопряжение корпоративных информационных систем, которые охватывают все информационные процессы аэропорта. Такие системы иногда называют системами комплексной автоматизации предприятия. В аэропортах Гражданской авиации применяются ERP-системы (англ. Enterprise Resource Planning System — Система планирования ресурсов предприятия) представляющие собой корпоративную информационную систему (КИС), предназначенную для автоматизации учёта и управления в масштабах аэропорта. Как правило, ERP-системы строятся по модульному принципу и в той или иной степени охватывают все ключевые процессы деятельности аэропорта. Применение ERP систем позволяет использовать одну интегрированную программу вместо нескольких разрозненных. Единая система может управлять обработкой, логистикой, дистрибуцией, запасами, доставкой, выставлением счетов-фактур и бухгалтерским учётом.

Реализуемая в ERP-системах система разграничения доступа к информации предназначена (в комплексе с другими мерами информационной безопасности предприятия) для противодействия как внешним угрозам (например, промышленному шпионажу), так и внутренним (например, хищениям). Внедряемые в связке с CRM-системой и системой контроля качества, ERP-системы нацелены на максимальное удовлетворение потребностей аэропортов в средствах управления бизнесом.

Примером ERP системы является применяемая в последнее время система GroundStar AODB. Система GroundStar AODB является интегрированной системой управления ресурсами аэропорта. Получение информации от модуля системы RAMP SERVICES - Обслуживания Перрона Аэровокзала и таких ее подсистем, как Aircraft Movements (движение воздушных судов), Aircraft Fuelling (заправка воздушных судов), Aircraft Services (обслуживание воздушных судов), De-Icing (обработка воздушных судов противообледенительными жидкостями) позволяет автоматизировать процессы планирования и координации работы Топливозаправочного комплекса и аэропорта в режиме реального времени.

Как мы видим, современные системы управления представляют собой комплекс автоматизируемых систем, работающие по принципу дублирования человеческой мысли на уровне интегрированных аппаратных и программных средств, позволяющие человеку оператору принимать более или менее оптимальные решения производственного и технологического характера. Казалось бы, цель достигнута. Однако ответ на этот вопрос заставляет задавать самим себе новый вопрос: а нельзя ли обойтись без этих громоздких шкафов систем управления, как увеличить объемы памяти, увеличить скорость обработки информации и, одновременно, получить еще более оптимальные сигналы управление. Отвечу – можно, но для этого нужно применять вычислительные устройства на основе искусственных нейронных сетей.

Сегодня искусственные нейронные сети (ИНС) представляют собой математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в мозге человека, и при попытке смоделировать эти процессы. Первой такой попыткой были нейронные сети Маккалока и Питтса. Впоследствии, после разработки алгоритмов обучения, получаемые модели стали использовать в практических целях: в задачах прогнозирования, для распознавания образов, в задачах управления и др.

ИНС представляют собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Такие процессоры обычно довольно просты, особенно в сравнении с процессорами, используемыми в персональных компьютерах. Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам. И, тем не менее, будучи соединёнными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи.

С точки зрения машинного обучения, нейронная сеть представляет собой частный случай методов распознавания образов, дискриминантного анализа, методов кластеризации и т. п. С математической точки зрения, обучение нейронных сетей — это многопараметрическая задача нелинейной оптимизации. С точки зрения кибернетики, нейронная сеть используется в задачах адаптивного управления и как алгоритмы для робототехники. С точки зрения развития вычислительной техники и программирования, нейронная сеть — способ решения проблемы эффективного параллелизма. А с точки зрения искусственного интеллекта, ИНС является основой философского течения коннективизма и основным направлением в структурном подходе по изучению возможности построения (моделирования) естественного интеллекта с помощью компьютерных алгоритмов.

Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Возможность обучения —

(англ. Distributed Control System, DCS). РСУ или DCS система для управления технологическим процессом, характеризуется построением распределённой системы ввода/вывода и децентрализацией обработки данных. В общем случае, РСУ применяются для управления непрерывными и гибридными технологическими процессами (хотя, строго говоря, сфера применения РСУ только этим не ограничена). К непрерывным процессам можно отнести и производственную деятельность аэропортов и их Топливозаправочных комплексов, поскольку останов процесса, даже кратковременный, может привести к срыву плана полетов, за которым следует ответственность. Типичным представителем аппаратных средств РСУ является вычислительный комплекс MFX-4, включающий в себя ЧМИ MFX-4 Terminal и вычислитель MFX-4 Controller в комплекте с коммуникационными устройствами. Для информационной связи распределенных систем используются промышленные сети с открытыми протоколами типа CanBus, TCP\IP и пакетных технологий компьютерных сетей Ethernet (эзернет, от лат. aether — эфир), преимущественно локальных вычислительных сетей (ЛВС). Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат кадров и протоколы управления доступом к среде на канальном уровне модели OSI. Ethernet в основном описывается стандартами IEEE группы 802.3. Ethernet стал самой распространённой технологией ЛВС со середины 90-х годов прошлого века, вытеснив такие устаревшие технологии, как Arcnet, FDDI и Token ring..

Интегрированная АСУ ТП COTAS это комплекс программных, технических, информационных, лингвистических, организационно-технологических средств и действий квалифицированного персонала, предназначенный для решения задач планирования и управления Топливозаправочным комплексом аэропорта и представляется как частный случай автоматизированной системы управления аэропорта. Для решения задач интегрированной АСУ ТП COTAS применяются технологии MRP, MRP II и ERP-систем. Интегрированная АСУ ТП COTAS решает задачи организации производства, включая основные производственные процессы, а также входящую и исходящую логистику. С помощью системы AFIS (англ. Airport Fuel Information System) АСУ ТП COTAS осуществляет краткосрочное планирование процесса и мониторинг заправки Воздушных Судов с учётом производственных мощностей. Таким образом, интегрированные системы АСУ ТП COTAS представляет собой производственную исполнительную систему, решающую задачу синхронизации и координации производственной деятельности Топливозаправочного комплекса в рамках каких-либо производственных структур, например, Приемного и Расходного складов и т.д..

Для автоматизации контроля качества топлива разрабатывается система QCS (сокр. от англ. Quality Control System – Система Контроля Качества - СКК). Система СКК представляет собой комплекс лабораторного оборудования и программного обеспечения, предназначенного для управления потоками работ по лабораторному исследованию качества топлива и генерированию Паспорта Качества. Система оптимизирует обор проб топлива, их анализ, возврат и отчетность лабораторных данных. СКК - системы, как правило, функционируют совместно с АСУП-системами, особенно это актуально для аэропортов с большим пассажирооборотом и, как следствие, авиатоплива, что позволяет снизить риск воздействия человеческого фактора на ошибочные действия и, как следствие, повышение уровня безопасности полетов. Назначением СКК является получение достоверной информации по результатам испытаний авиатоплив, а также генерирования Паспорта качества и передачи полученных данных в АСУ ТП и Автоматизированную систему ведения учетных операций АСУ Учет. Важным моментом является использование АСУ ТП COTAS для контроля и фиксации технологических операций, предусмотренных действующими Технологическими Картами (ТК) Топливозаправочного комплекса для принятия корректных

Список используемой литературы:

1. **Бесекерский, В. А., Попов, Е. П.** Теория систем автоматического регулирования. — СПб.: Профессия, 2004. — 749 с. ISBN 5-93913-035-6.
2. **Роберт Каллан** Основные концепции нейронных сетей The Essence of Neural Networks First Edition. — 1-е. — «Вильямс», 2001. — С. 288. — ISBN 5-8459-0210-X
3. **Л.Н. Ясницкий** Введение в искусственный интеллект. — 1-е. — Издательский центр "Академия", 2005. — С. 176. — ISBN 5-7695-1958-4
4. GroundStar - Integrated airport resources management system, http:// www. groundstar.aero/
5. COTAS Terminal Automation Systems, http://www.mfx-systems.de/

Шидловский С.В.
генеральный директор ООО Промзащита

КАЧЕСТВО, ПРОВЕРЕННОЕ ВРЕМЕНЕМ!

За последние несколько лет произошел качественный скачок в решении проблемы капитального ремонта, реконструкции и нового строительства на объектах авиатопливообеспечения. Изменения касаются не только замены изношенного технологического оборудования, но и ремонта и/или строительства зданий и сооружений складов авиаГСМ.

Согласно Федеральному закону N 148-ФЗ от 22.07.2008 «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» с 1 января 2009 года прекращено предоставление лицензий на осуществление деятельности в области проектирования, строительства и инженерных изысканий. С 01 января 2010 года прекращено действие всех выданных ранее лицензий. Строительная отрасль перешла на систему саморегулирования. Все организации, работающие в строительной отрасли, для продолжения своей деятельности обязаны вступить в СРО и получить Свидетельство о допуске к работам, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства. Членство в СРО предполагает взаимную ответственность каждого члена партнерства. Все стараются работать так, чтобы по его вине не происходило выплат из компенсационного фонда.

Согласно Градостроительному Кодексу объекты авиатопливообеспечения относятся к особо опасным и технически сложным объектам. Антикоррозионная защита этих объектов является одним из элементов обеспечения безопасности эксплуатации.

Для получения Свидетельства о допуске необходимо представить сведения о наличии квалифицированного персонала, специального оборудования, системы качества, положительные отзывы о выполненных работах. Принадлежность к СРО свидетельствует о положительной репутации и надежности компании.

ООО «Промзащита» с 1995 года проводит работы по антикоррозионной защите резервуаров, труб и металлоконструкций объектов авиатопливообеспечения. Предприятие является членом НК СРО «Союз строительных компаний Южного Урала» и получило Свидетельство о допуске № СРО-С-030-0167-7422023545-2009 от 17 декабря 2009 г.

Переход на саморегулирование строительной отрасли для России дело новое. Время покажет, насколько эффективной окажется эта система. Одно можно сказать уверенно, что для организации с многолетним положительным опытом смена лицензии на свидетельство о допуске не изменит добросовестного и ответственного отношения к своей работе.

Допуск, выданный СРО, обязывает предприятие повышать качество выполняемых работ за счет повышения квалификации персонала и ИТР в созданных учебно-аккредитационных центрах. Эти меры должны способствовать исключению работы низкоквалифицированных подрядчиков на строительном рынке.

Если еще вчера даже самые требовательные Заказчики говорили о сроке эксплуатации покрытий пять лет, то сегодня речь идет о десяти и более годах. То ли кризис научил считать копеечку, то ли западная бережливость стала популярна. И это правильно. Лучше один раз вложить средства и на десяток лет забыть о проблеме, чем регулярно заниматься ремонтом покрытия и самого резервуара. Только возникает о вопрос сколько вложить? Естественно, что стоимость выполнения работ по антикоррозионной защите резервуара со сроком эксплуатации покрытия 10-15 лет, почти в два раза выше, чем стоимость покрытия со сроком службы 5-7 лет. Увеличение стоимости работ обусловлено в первую очередь ценой лакокрасочного материала. Еще год назад в Информационном сборнике № 4 нами был освещен вопрос формирования цены по антикоррозионной защите. Повторим, что именно цена лакокрасочного материала составляет 50 % стоимости антикоррозионного покрытия. Но не следует экономить при выборе антикоррозионного материала, ведь от его свойств зависит качество покрытия.

Так, например, применение эпоксидных и полиуретановых материалов со 100% сухим остатком (так называемых материалов горячего нанесения) несмотря на более высокую стоимость экономически более эффективно. Поскольку имеют ряд весомых преимуществ. Во-первых, качественно выполненное покрытие обеспечивает надежную долговременную эксплуатацию оборудования в течение минимум 10-15 лет. В Европе зафиксированы достижения срока службы таких покрытий более 20 лет. Во-вторых, их технологичность позволяет снизить трудозатраты и время вывода резервуара из эксплуатации. Разница во времени проведения работ по антикоррозионной защите внутренней поверхности РВС-20 000 составляет две недели (21 день для нанесения ЛКМ со 100% сухим остатком и 35 дней для трехслойной системы). И, в-третьих, применение этих материалов обеспечивает экологическую безопасность (из-за отсутствия в их составе растворителя).

Но грош цена этим материалам, если они попали в руки недобросовестных и плохо оснащенных подрядчиков. Современные лакокрасочные материалы, как правило, требуют должной степени подготовки поверхности в соответствии с требованиями ISO 8501-01 или ГОСТ 9.402-2004. А от качества подготовки поверхности на 80% зависит долговечность выполненного покрытия.

Для нанесения современных материалов предприятие должно быть оснащено профессиональным оборудованием. В аппаратах для нанесения материалов со 100% сухим остатком предварительно нагретые до 70-80°С основной компонент и отвердитель по раздельным шлангам с дополнительным подогревом подаются в смеситель, где происходит перемешивание. Далее под давлением до 350 атм. осуществляется нанесение материала на защищаемую поверхность. Соблюдение температурного режима нанесения высоковязких систем, точность машинной дозировки обеспечивают качество выполненного покрытия.

Но даже самой современной машиной управляет человек. И от него зависит точность исполнения технологических инструкций и регламентов. Вот почему для получения качественного покрытия так важен опыт и квалификация исполнительного персонала.

Согласно существующим требованиям все резервуары для хранения авиатоплива водятся в эксплуатацию с внутренним антикоррозионным покрытием. Трубопроводные коммуникации для транспортировки авиатоплива должны быть выполнены из нержавеющей стали или иметь защитное покрытие. Но антикоррозионная защита труб и фасонных изделий по сравнению с работой на резервуарах более кропотлива и трудозатратна. Может именно по этому не так много предприятий занимается антикоррозионной защитой труб.

Воловик Т.В. – директор ООО «Петротех Аналитикал»

FTOT – НОВЫЙ АНАЛИЗАТОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ТОПЛИВ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В настоящее время актуальной задачей, стоящей перед многими лабораториями, работающими в области контроля качества нефтепродуктов, является их оснащение оборудованием, необходимым для подтверждения соответствия требованиям технического регламента «О ТРЕБОВАНИЯХ К АВТОМОБИЛЬНОМУ И АВИАЦИОННОМУ БЕНЗИНУ, ДИЗЕЛЬНОМУ И СУДОВОМУ ТОПЛИВУ, ТОПЛИВУ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТОПОЧНОМУ МАЗУТУ».

В соответствии с указанным техническим регламентом (ТР) должно осуществляться обязательное подтверждение соответствия в отношении выпускаемых в оборот на территории РФ автомобильного и авиационного бензина, дизельного и судового топлива, топлива для реактивных двигателей и топочного мазута. Требования, предъявляемые к безопасности перечисленной продукции, установлены в соответствующих приложениях к ТР.

Требования, предъявляемые к топливу для реактивных двигателей, представлены в приложении № 4. Топливо для реактивных двигателей для обеспечения безопасности полетов должно контролироваться по следующим показателям: кинематическая вязкость при температуре минус 200°С, температура начала кристаллизации, температура замерзания, содержание механических примесей и воды, фракционный состав, высота некоптящего пламени, температура вспышки в закрытом тигле, объемная доля ароматических углеводородов, содержание фактических смол, массовая доля общей серы, массовая доля меркаптановой серы, термоокислительная стабильность, удельная электрическая проводимость.

19 августа 2009 г. Распоряжением Правительства Российской Федерации был утвержден перечень национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения ТР и осуществления оценки соответствия.

Большинство национальных стандартов, регламентированных в этом перечне для контроля показателей безопасности топлива для реактивных двигателей, давно применяются в практике российских химико-аналитических лабораторий. Но появились и новые национальные стандарты, в частности ГОСТ Р 52954-2008 «Нефтепродукты. Определение термоокислительной стабильности топлив для газовых турбин. Метод JFTOT», который идентичен стандарту ASTM D 3241-2008 «Определение термоокислительной стабильности авиационных турбинных топлив (метод JFTOT)».

Термоокислительная стабильность, определяемая в динамических условиях в соответствии с ASTM D 3241, является одним из критических испытаний для авиационных топлив.

Сущность метода заключается в имитации условий работы топливной системы газотурбинных двигателей. В установке испытуемое топливо подвергается воздействию условий, близких к условиям, создающимся в топливной системе газотурбинного двигателя. Топливо прокачивается с заданной в методе постоянной объемной скоростью через алюминиевую трубку нагревателя, затем поступает на прецизионный фильтр из нержавеющей стали с размером пор 17 мкм, который улавливает продукты разложения топлива. Оцениваемыми показателями являются количество осадка на алюминиевой трубке нагревателя и скорость забивки прецизионного фильтра, расположенного непосредственно за трубкой нагревателя.

До настоящего времени на российском рынке для определения термоокислительной стабильности топлив для реактивных двигателей была представлена установка фирмы *Alcor*. Однако на мировом рынке лабораторного оборудования также используются альтернативные установки для определения этого показателя. Американская фирма *Falex* является производителем именно такой альтернативной установки – анализатора ***FTOT – Falex Thermal Oxidation Test***, который полностью соответствует требованиям ASTM D 3241, а, следовательно, и ГОСТ Р 52954. В пункте 6.3 ГОСТ Р 52954 указано, что «испытания должны проводиться на оборудовании, которое применяли для разработки настоящего метода, или эквивалентном». Поэтому появление на российском рынке усовершенствованного, компактного, удобного в работе и надежного анализатора FTOT дает потребителям новые возможности для определения термоокислительной стабильности топлив для реактивных двигателей, а заодно исключив монополию, создает здоровую конкуренцию на рынке оборудования.

При разработке анализатора FTOT использованы новые технологии, позволяющие максимально автоматизировать процесс выполнения испытаний, а также упростить процесс калибровки. Внедрена система автоматического контроля аэрации, осуществляется автоматический ввод образца, автоматическое сохранение температуры испытания, автоматическое детектирование утечек и система аварийного отключения. Для контроля температуры применяется сертифицированная термопара, гарантирующая высокую точность без необходимости дополнительной калибровки по свинцу. Но при желании можно легко и быстро выполнить калибровку полной шкалы термопары по паре вода/лёд и свинцу. Производитель Falex предлагает дополнительный сертифицированный дифференциальный калибратор давления в качестве опции, который дает возможность исключить традиционные измерение и расчет, и быстро проверить или перекалибровать ΔP без использования воды.

Нагревательные трубки полностью соответствуют требованиям стандарта ASTM D 3241 и прошли испытания в подкомитете ASTM D.02.J0.

Для удобства работы и повышения безопасности в анализатор FTOT встроен держатель воронки предварительного фильтра, что полностью исключает пролив или протечку топлива. Для контроля прокачки топлива через секцию нагревателя пред-

усмотрено автоматическое детектирование прохождения минимального количества топлива - 405 мл. Защита анализатора от перенапряжения выполнена с помощью автоматических предохранителей, которые при необходимости просто перезапускаются пользователем с помощью кнопки. Визуальная индикация немедленно сообщает пользователю о том, что предохранитель выключился, это позволяет минимизировать время простоя анализатора и не требует наличия в лаборатории запасных предохранителей.

Анализатор FTOT работает без ПК, управляется с помощью большого цветного экрана "touch screen", защищенного от воздействия топлива или органических растворителей, оснащен современным программным обеспечением для управления работой прибора, диагностики и обработки данных, сохраняет результаты и выводит детализированный отчет об испытании на экран. Оценка результатов испытаний может выполняться вручную с использованием визуального тубератора с набором цветных стандартов или автоматически, применяя аппарат со встроенной видеокамерой и жидкокристаллическим экраном.

Уполномоченным представителем на территории РФ и сопредельных государств по распространению анализатора Falex является компания ***Петротех Аналитикал.***

FTOT – НОВЫЙ АНАЛИЗАТОР ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ТОПЛИВ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Урявин С.П.
директор ЦС авиаГСМ
ФГУП ГосНИИ ГА

Тимошенко А.Н.
заместитель директора
ЦС авиаГСМ ФГУП
ГосНИИ ГА

О РАБОТЕ ПО ОТМЕНЕ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПРИМЕНЕНИЕ АВИАТОПЛИВА ТС-1 СО СТОРОНЫ ЗАРУБЕЖНЫХ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНЫХ КОРПОРАЦИЙ

В феврале 2009 года проходила очередная Международная выставка «Авиатопливообеспечение-2009». Параллельно с работой выставки Комитет авиаГСМ Ассоциации «Аэропорт» ГА реализовал обширную программу по налаживанию контактов между участниками отраслевого сегмента авиатопливообеспечения, что является, возможно, не менее ценным компонентом, чем сама выставка. В рамках программы контактов очень важным мероприятием стал «круглый стол» с участием представителей IATA.Несмотря на то, что IATA проводит обширную работу у нас в стране, на этой выставке впервые представилась возможность пообщаться с представителями IATA большому кругу специалистов предприятий отрасли. Это важно поскольку IATA - большая мощная организация, выступающая от имени объединенной Европы.

В своем выступлении на выставке представитель IATA Питер Вестфаль говорил о ключевых вопросах авиатопливообеспечения. Наряду с техническими и организационными вопросами, господин Вестфаль довел до сведения участников «Круглого стола» позицию американских двигателестроительных корпораций «Пратт-Уитни» и «Дженерал Электрик» о том, что эти фирмы считают качественные показатели российского авиакеросина ТС-1 низкими и полагают, что двигатели этих фирм не могут обеспечить ресурсные характеристики при работе на данном топливе. Притом господин Вестфаль подчеркнул, что у европейских двигателестроительных корпораций («Роллс-Ройс», «CFM») претензий к ТС-1 нет.

Позиция «Пратт-Уитни» в отношении российского топлива ТС-1 известна уже давно. Отчасти эта позиция послужила причиной освоения некоторыми российскими нефтеперерабатывающими заводами выпуска авиатоплива Jet A-1.

В то же время в своем выступлении представитель IATA не смог ответить на следующие вопросы:

- Какие собственно претензии у «Пратт-Уитни» и «Дженерал Электрик» к качеству топлива ТС-1?
- На надежность и работоспособность, каких узлов двигателей оказывает негативное влияние ТС-1?
- Где можно ознакомиться с официальными документами или отчетами «Пратт-Уитни» и «Дженерал Электрик», в которых обосновывается необходимость такого радикального снижения ресурсов двигателей?

IATA ознакомила с позицией «Пратт-Уитни» и «Дженерал Электрик» специалистов по авиатопливообеспечению, но возникает вопрос: ознакомлены официально с этой позицией российские авиакомпании?

Неясно отношение к этой проблеме самой IATA: если ТС-1 действительно является топливом, использование которого не обеспечивает ресурсные характеристики зарубежных авиадвигателей , то эта организация должна проинформировать об этом руководство и предприятия гражданской авиации России, а не выступать в качестве «озвучивателя» позиции «Пратт-Уитни» и «Дженерал Электрик»

Надо понимать, что российское топливо ТС-1 было и останется еще на долгие годы самым массовым топливом в России. Причем оно дешевле, чем Jet A-1, и не хуже его ни по одному из эксплуатационных показателей (тем более после выхода соответствующего технического регламента). Это подтверждается тем фактом, что в настоящее время ТС-1 остается привлекательным и для российских и для зарубежных авиакомпаний.

В соответствии с ГОСТ 10227-86 с изменениями 1-4 в настоящее время качество авиационного керосина в России контролируется по 28 показателям, что гарантирует его высокое качество. По мнению ГосНИИ ГА, который постоянно осуществляет мониторинг авиационного керосина, выпускаемого российскими НПЗ, созданы все условия для изменения позиции зарубежных изготовителей авиадвигателей и снятия эксплуатационных ограничений по работе авиадвигателей на российском авиатопливе ТС-1.

Топменеджмент ведущих авиакомпаний России прогнозирует появление на нашем рынке большого числа воздушных судов зарубежного производства. Возможно, что какие-то российские авиакомпании остановят свой выбор на самолетах с двигателями «Пратт-Уитни» и «Дженерал Электрик». Очевидно, что при сохранении существующих ограничений в отношении российского топлива ТС-1, экономическая эффективность использования будет меньше у тех воздушных судов, которые оснащены двигателями, имеющими ресурс ниже, чем первоначально заявлено производителем, или требующими более дорогого керосина.
Если же ТС-1 негативно влияет только на двигатели вышеупомянутых производителей, то тогда это проблема этих производителей и конструктивных решений, реализованных в их двигателях. В этом случае российским авиакомпаниям придется сделать очень внимательный экономический анализ: может быть, самолеты с двигателями европейских корпораций окажутся предпочтительнее.

Наконец, если у «Пратт-Уитни» и «Дженерал Электрик» нет объективных свидетельств негативного влияния ТС-1 на конструкции их двигателей, а речь идет только об опасениях двигателестроителей, то, может быть, это на самом деле является попыткой ведения конкурентной борьбы «нетарифными способами»?

Это серьезная проблема, и затрагивает она, в конечном счете, всю гражданскую авиацию России.

В ноябре 2009 года в Вене проходил международный форум , организованный IATA, в работе которого принимала участие делегация ЦС авиаГСМ ГосНИИ ГА, и где обсуждался вопрос об обеспечении термостабильности российских авиатоплив .

Обсуждение вопроса состояло из двух частей: доклада ЦС авиаГСМ ГосНИИ ГА и содоклада представителя двигателестроительной корпорации. Содокладчиком на форуме был Стэн Сето - представитель «Дженерал Электрик Авиэйшен». В докладе на форуме была отражена многолетняя работа ЦС авиаГСМ ГосНИИ ГА по данному вопросу. И тем приятнее было видеть, что эта работа начинает приносить свои плоды. Было отрадно слышать о намерении «Пратт-Уитни» и «Дженерал Электрик» рассмотреть вопрос об отмене существующих ограничений на использование ТС-1 в двигателях этих корпораций. С целью отмены ограничений корпорации планируют выпустить сервисные бюллетени. Хотя работа по отмене дискриминационных мер в отношении ТС-1 не закончилась, но большой шаг в этом направлении в 2009 году был сделан.

Хочется надеяться, что в дальнейшем в вопросах международного сотрудничества между российскими и зарубежными организациями в области авиатопливообеспечения гражданской авиации, стороны будут руководствоваться вопросами взаимной выгоды и гармонизации , а не дискриминационными мерами в отношении российской стороны.

Открытие форума IATA по авиатопливам

Обсуждение проблем с представителем Дженерал Электрик Авиэйшн

Тимошенко А.Н.
заместитель директора ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА

Урявин С.П.
директор ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА

Козлов А. Н.
к.т.н. доцент МГТУ ГА

ЦЕНТР ПО СЕРТИФИКАЦИИ АВИАГСМ ФГУП ГосНИИГА: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И ПЛАНЫ НА БУДУЩЕЕ

Отдел авиаГСМ был организован в 1931 году при создании НИИ ГВФ (гражданского воздушного флота).

С 1931 по 1946 г. отдел возглавлял кандидат технических наук Константин Карлович Папок (фото1), в последующем доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, основоположник науки, получив-шей название химмотология.

1

С первых дней существования отдела тематика его работы определялась конкретными насущными потребностями молодой отрасли народного хозяйства – гражданского воздушного флота – и включала следующие направления:

- применение химических реагентов для очистки моторов;
- обеспечение уверенного запуска авиационных моторов в зимнее время;
- регенерация авиационных масел и конструирование аппаратов по регенерации;
- увеличение ресурса работы авиационных масел;
- исследования эксплуатационных свойств авиаГСМ (бензинов, масел, сма-зок);
- исследования влияния американской присадки «паратон», повышающей индекс вязкости авиационных и автомобильных масел;
- внедрение «свинцовых» бензинов с более высокими октановыми числами.

В этот период был проведен большой комплекс работ по переводу отечественных самолетов на этилированные бензины и стабилизированные крекинг-бензины, выполнены исследования по увеличению сроков службы масел, разработано и внедрено в эксплуатацию масло «Кастроль-23» на двигателях М-22, разработан «Аэролин» для быстрого запуска в зимнее время двигателей М-11.

В 1935-1936 гг. в соответствии с проектно-методическими разработками отдела авиаГСМ (в то время он назывался отделом топлив и масел) в 35 аэропортах страны были созданы контрольные лаборатории авиаГСМ.

В 1940 г. К.К.Папок и Н.А.Рагозин опубликовали «Словарь по топливам, маслам, смазкам и специальным жидкостям», который в последующем переизда-вался в 1955, 1963 и 1975 гг.
К.К. Папок стал инициатором организации в Москве контрольной лаборатории по проверке качества ГСМ, применяемого во фронтовых подразделениях ГВФ и АДД (авиации дальнего действия).

Большой вклад в становление отдела вложили к.т.н. Н.А.Рогозин и к.т.н. П.П.Третьяков. В послевоенные годы они возглавляли последовательно отдел авиаГСМ (фото 2,3).

2

3

4

С начала пятидесятых годов по 1978 г. отдел возглавляла доктор техниче-ских наук К.С.Чернова (фото 4).

Основными направлениями исследований отдела авиаГСМ в послевоенные годы и до середины 90 годов являлись:

- анализ опыта эксплуатации и установление закономерностей взаимосвязей качества авиаГСМ с надёжностью, долговечностью и экономичностью работы авиационной техники;
- усовершенствование характеристик авиационной техники с учётом запаса качества авиаГСМ;
- обоснование оптимальных требований к качеству авиаГСМ;
- обоснование необходимых условий по сохранению, снижению потерь и восстановлению качества авиаГСМ при хранении, транспортировании, заправке и применению на авиационной технике;
- создание новых сортов авиаГСМ и совершенствование системы их внедре-ния;
- разработка основ унификации авиаГСМ;
- разработка нормативно-методической документации по контролю качества авиаГСМ;
- разработка теоретических основ фильтрации и водоотделения;
- методическое руководство лабораториями по контролю качества авиаГСМ предприятий гражданской авиации.

Результатами работ этого периода, которые до настоящего времени применяются в гражданской авиации, являются разработка и внедрение авиакеросинов и авиабензинов с улучшенными эксплуатационными свойствами, гидрожидкости АМГ-10, противоводокристаллизационных жидкостей («И-М») и нормирование ее добавления в авиакеросины, минеральных масел новых сортов различного назначения и установление их оптимальных сроков службы, разработка фильтров-водоотделителей типа СТ-2500, приспособления ПОЗ-Т (индикатора ПЭК-Т), ряда методов оценки эксплуатационных свойств авиаГСМ (которые были приняты как квалификационные методы), разработка руководств по приему, хранению, подготовке к выдаче на заправку и по контролю качества авиаГСМ и спецжидкостей в авиапредприятиях ГА.

С 1979 по 2000 г. отделом авиаГСМ ГосНИИ ГА руководил к.т.н. П.А. Михеичев (фото 5).

5

В 1980-81 гг. была полностью модернизирована лабораторная база отдела, переведенного в новое здание на ул. Планерная, 22а.

йВ 1983 г. издан справочник «Химмотология в гражданской авиации». С внедрением авиационной техники последующих поколений на эксплуатацию были приняты новые виды и марки авиаГСМ. Все большую долю в но-менклатуре масел, рабочих жидкостей, смазок и противообледенительных жидкостей стали занимать авиаГСМ, изготовленные из синтетического сырья. Это масла ИПМ-10, ВНИИНП-50-1-4ф(у), Б3-В, гидрожидкость НГЖ-5у, смазки «Эра», «Сапфир», «Атланта» и др. В этот период сотрудники отдела принимали участие во всех этапах испытаний и внедрения авиаГСМ, испытаний авиатехники (начиная с работы в макетных комиссиях до эксплуатационных испытаний авиатехники и далее по сопровождению авиатехники в эксплуатации в части применения авиаГСМ), установления ресурсов агрегатов. Следует отметить активное участие ведущих сотрудников отдела авиаГСМ в работе комиссий научной экспертизы при Государственной междуведомственной комиссии по испытанию топлив, масел,

смазок и специальных жидкостей при Госстандарте. Конечно, вся эта работа проводилась в тесном взаимодействии с конструкторскими бюро, ведущими научно-исследовательскими организациями авиационной промышленности, нефтепереработки, министерства обороны. Отдел приобрел огромный опыт по эксплуатационным испытаниям авиатехники и авиаГСМ, по исследованиям отказов и аварийных случаев, наработал мощнейшую базу для подобных исследований, сформировал и постоянно расширял статистическую базу данных по эксплуатации авиатехники и авиаГСМ.

В 1992 г. авиационными властями России ГосНИИ ГА был установлен статус головной отраслевой организации по авиаГСМ. С принятием решения о переходе экономики страны к работе в условиях рынка государство отказалось от прямого директивного управления предприятиями. При этом государство сохранило за собой рычаг воздействия на субъекты хозяйственной деятельности в виде лицензирования и сертификации. Сертификация обеспечивает защиту интересов государства и общества, оказывая непрямое влияние и управляя основными аспектами деятельности предприятия и характеристик продукции, не вторгаясь в прямые полномочия предприятия. Особенно остро сознавали необходимость наличия такого рычага авиационные власти России. Осознание необходимости наличия в стране системы сертификации всех компонентов, влияющих на безопасность полетов, проистекало не только от наблюдения за действиями менеджеров периода «дикого» капитализма в «лихие» девяностые.

Россия является членом Международной Организации Гражданской Авиа-ции – ИКАО (ICAO). В основополагающих директивных документах ИКАО неоднократно указывалось на коммерциализацию как на основной фактор, создающий угрозу безопасности полетов (например Doc 9734-AN/959). Ибо обеспечение безопасности полетов всегда является затратной статьей бюджета. Способом разрешения противоречия между требованиями общества к безопасности полетов и частными интересами инвесторов по извлечению максимальной прибыли ИКАО считает наличие эффективной системы сертификации. Но это не только требование ИКАО. Это также требование российского законодательства – Воздушного кодекса Российской Федерации и закона «О государственном регулировании развития авиации».

Исходя из этого, авиационными властями России было принято решение о создании сети сертификационных центров, охватывающих по номенклатуре ком-поненты отрасли. Основой системы сертификации в гражданской авиации должен был стать ГосНИИ ГА.

В свете новых задач, с целью обеспечения контроля качества авиаГСМ, по-ставляемых в организации авиатопливообеспечения гражданской авиации, отде-лом авиаГСМ была проведена подготовительная работа по его аккредитации в качестве органа по сертификации и испытательной лаборатории в системе ГОСТ Р. Для этого лаборатория отдела была дооснащена современным испытательным оборудованием, позволяющим проводить исследования авиаГСМ отечественного производства, выпускаемых по ГОСТ, ОСТ, ТУ, а также различных видов авиаГСМ зарубежного производства, выпускаемых по спецификациям. 10.12.1993 г. отдел авиаГСМ ГосНИИ ГА был одним из первых в России аккредитован в государственной системе сертификации ГОСТ Р как испытательная лаборатория нефтепродуктов, а 28.07.1994 г. также одним из первых как орган по сертификации, и получил статус Центра по сертификации авиаГСМ.

Выбор отдела авиаГСМ как основы для организации центра по сертификации, конечно, был не случаен. Отдел авиаГСМ удовлетворял всем требованиям к центру по сертификации: наличием мощной лабораторной базы, подлинной (а не номинальной) независимостью от производителя и разработчика продукции, компетентностью (отдел к моменту его преобразования в центр по сертификации авиаГСМ ФГУП ГосНИИГА имел очень серьезный 63-ех летний опыт работы). Но не только эти факторы повлияли на выбор авиационных властей. Когда речь идет о сертификации продукции, всегда возникает вопрос о доверии потребителей к системе сертификации. Это хорошо известно странам с развитыми системами и тра-дициями сертификации, а также отечественным участникам международного рынка. Действительно, в соответствии с российским законодательством сертификацией одного и того же вида продукции могут заниматься различные центры. Но неотъемлемым правом потребителя продукции, а значит потребителя процесса сертификации этой продукции, является право доверять авторитету того или иного центра по сертификации. У отдела авиаГСМ авторитет в отрасли был поистине огромен.

С 2000 по 2007 г. Центр возглавлял А.С. Поллетеев (фото 6).

6

Отвечая задачам нового времени, деятельность центра была направлена на оказание научно-технических услуг авиационным властям, предприятиям гражданской авиации и промышленности как по традиционной тематике отдела, так и по решению задач, вызванных перестройкой отрасли. В период 1997- 1998 гг. в отрасли внедрялась Система сертификации на воздушном транспорте. Перед отделом была поставлена задача разработки минимальных требований государства к организациям, претендующим заниматься аэропортовой деятельностью по авиатопливообеспечению. Одним из главных результатов проведенных исследований явилась разработка требований к организациям авиатопливообеспечения и лабораториям контроля качества авиаГСМ гражданской авиации, реализованным в Федеральных авиационных правилах (ФАП) «Сертификация аэропортов. Процедуры» (ФАП-98), «Сертификационные требования к организациям авиатопливообеспечения» (ФАП-89), «Сертификационные требования к организациям, осуществляющим контроль качества авиационных топлив, масел, смазок и специальных жидко-стей, заправляемых в воздушные суда» (ФАП-126). Для исполнения указанных документов центру поручено проведение основных этапов сертификации: экспертизы доказательной документации заявителя, проверки деятельности заявителя на местах, подготовки заключения по результатам сертификации, а также осуществление ежегодной инспекционной проверки каждой сертифицированной организации авиатопливообеспечения на предмет обеспечения нормативов качества и чистоты авиатоплива на всех этапах технологического процесса. Реализация этих требований, подтвержденная в процессе сертификаций, способствовала существенному улучшению качественных показателей процессов авиатопливообеспечения.

Разумеется, ЦС авиаГСМ занимался и занимается не только сертификацией. Задач, стоящих перед ним как перед научно-исследовательским подразделением института никто не снимал. И направлений работы у центра множество. Основные из них:

- организация и проведение исследований, испытаний новых и модифициро-ванных авиаГСМ и спецжидкостей;
- разработка и внедрение современных технологий подготовки и применения на авиатехнике авиаГСМ и спецжидкостей;
- исследования авиаГСМ аварийной и отказавшей авиатехники, арбитраж-ные исследования;
- разработка технических требований к оборудованию авиатопливообеспечения, организация и проведение его испытаний и сертификации;
- разработка нормативно-технической документации по вопросам подготовки и применения авиаГСМ, деятельности топливозаправочных комплексов и лабораторий ГСМ;
- стажировка персонала лабораторий и служб ГСМ авиапредприятий;
- гармонизация российских и международных нормативных документов в области авиатопливообеспечения.

Гармонизацией российских и международных нормативов ЦС авиаГСМ занимается со второй половины 90-х годов. А начало отношений с Международной ассоциацией эксплуатантов воздушного транспорта (ИАТА-IATA) восходит к 70-м годам. У этой авторитетной международной организации центр получил заслуженное признание. Две методики ЦС авиаГСМ (по исследованию отложений на фильтроэлементах и по расследованию причин отказов агрегатов) были воспроизведены в директивных документах Евросоюза, а в дальнейшем были включены в Глобальный стандарт ИАТА по расследованию причин отказов авиатехники. За вклад в развитие в области обеспечения международной гражданской авиации авиаГСМ центр был награжден хрустальным кубком ИАТА (фото 7). К началу 2000-х годов обострилась проблема некондиционности поставляемых топлив и жидкостей. Это стало предметом особой озабоченности центра. С 2000 по 2009 год в результате исследований проб авиаГСМ и спецжидкостей, поступивших из пред-приятий гражданской авиации с подозрением на некондиционность нефтепродуктов, из эксплуатации были изъяты около 100000т не отвечавших норме авиаГСМ.

7

смазок и специальных жидкостей при Госстандарте. Конечно, вся эта работа проводилась в тесном взаимодействии с конструкторскими бюро, ведущими научно-исследовательскими организациями авиационной промышленности, нефтепереработки, министерства обороны. Отдел приобрел огромный опыт по эксплуатационным испытаниям авиатехники и авиаГСМ, по исследованиям отказов и аварийных случаев, наработал мощнейшую базу для подобных исследований, сформировал и постоянно расширял статистическую базу данных по эксплуатации авиатехники и авиаГСМ.

В 1992 г. авиационными властями России ГосНИИ ГА был установлен статус головной отраслевой организации по авиаГСМ. С принятием решения о переходе экономики страны к работе в условиях рынка государство отказалось от прямого директивного управления предприятиями. При этом государство сохранило за собой рычаг воздействия на субъекты хозяйственной деятельности в виде лицензирования и сертификации. Сертификация обеспечивает защиту интересов государства и общества, оказывая непрямое влияние и управляя основными аспектами деятельности предприятия и характеристик продукции, не вторгаясь в прямые полномочия предприятия. Особенно остро сознавали необходимость наличия такого рычага авиационные власти России. Осознание необходимости наличия в стране системы сертификации всех компонентов, влияющих на безопасность полетов, проистекало не только от наблюдения за действиями менеджеров периода «дикого» капитализма в «лихие» девяностые.

Россия является членом Международной Организации Гражданской Авиа-ции – ИКАО (ICAO). В основополагающих директивных документах ИКАО неоднократно указывалось на коммерциализацию как на основной фактор, создающий угрозу безопасности полетов (например Doc 9734-AN/959). Ибо обеспечение безопасности полетов всегда является затратной статьей бюджета. Способом разрешения противоречия между требованиями общества к безопасности полетов и частными интересами инвесторов по извлечению максимальной прибыли ИКАО считает наличие эффективной системы сертификации. Но это не только требование ИКАО. Это также требование российского законодательства – Воздушного кодекса Российской Федерации и закона «О государственном регулировании развития авиации».

8

Исходя из этого, авиационными властями России было принято решение о создании сети сертификационных центров, охватывающих по номенклатуре ком-поненты отрасли. Основой системы сертификации в гражданской авиации должен был стать ГосНИИ ГА.

В свете новых задач, с целью обеспечения контроля качества авиаГСМ, по-ставляемых в организации авиатопливообеспечения гражданской авиации, отде-лом авиаГСМ была проведена подготовительная работа по его аккредитации в качестве органа по сертификации и испытательной лаборатории в системе ГОСТ Р. Для этого лаборатория отдела была дооснащена современным испытательным оборудованием, позволяющим проводить исследования авиаГСМ отечественного производства, выпускаемых по ГОСТ, ОСТ, ТУ, а также различных видов авиаГСМ зарубежного производства, выпускаемых по спецификациям. 10.12.1993 г. отдел авиаГСМ ГосНИИ ГА был одним из первых в России аккредитован в государственной системе сертификации ГОСТ Р как испытательная лаборатория нефтепродуктов, а 28.07.1994 г. также одним из первых как орган по сертификации, и получил статус Центра по сертификации авиаГСМ.

Выбор отдела авиаГСМ как основы для организации центра по сертификации, конечно, был не случаен. Отдел авиаГСМ удовлетворял всем требованиям к центру по сертификации: наличием мощной лабораторной базы, подлинной (а не номинальной) независимостью от производителя и разработчика продукции, компетентностью (отдел к моменту его преобразования в центр по сертификации авиаГСМ ФГУП ГосНИИГА имел очень серьезный 63-ех летний опыт работы). Но не только эти факторы повлияли на выбор авиационных властей. Когда речь идет о сертификации продукции, всегда возникает вопрос о доверии потребителей к системе сертификации. Это хорошо известно странам с развитыми системами и тра-дициями сертификации, а также отечественным участникам международного рынка. Действительно, в соответствии с российским законодательством сертификацией одного и того же вида продукции могут заниматься различные центры. Но неотъемлемым правом потребителя продукции, а значит потребителя процесса сертификации этой продукции, является право доверять авторитету того или иного центра по сертификации. У отдела авиаГСМ авторитет в отрасли был поистине огромен.

С 2000 по 2007 г. Центр возглавлял А.С. Поплетеев (фото 6). Отвечая задачам нового времени, деятельность центра была направлена на оказание научно-технических услуг авиационным властям, предприятиям гражданской авиации и промышленности как по традиционной тематике отдела, так и по решению задач, вызванных перестройкой отрасли. В период 1997- 1998 гг. в отрасли внедрялась Система сертификации на воздушном транспорте. Перед отделом была поставлена задача разработки минимальных требований государства к организациям, претендующим заниматься аэропортовой деятельностью по авиатопливообеспечению. Одним из главных результатов проведенных исследований явилась разработка требований к организациям авиатопливообеспечения и лабораториям контроля качества авиаГСМ гражданской авиации, реализованным в Федеральных авиационных правилах (ФАП) «Сертификация аэропортов. Процедуры» (ФАП-98), «Сертификационные требования к организациям авиатопливообеспечения» (ФАП-89), «Сертификационные требования к организациям, осуществляющим контроль качества авиационных топлив, масел, смазок и специальных жидко-стей, заправляемых в воздушные суда» (ФАП-126). Для исполнения указанных документов центру поручено проведение основных этапов сертификации: экспертизы доказательной документации заявителя, проверки деятельности заявителя на местах, подготовки заключения по результатам сертификации, а также осуществление ежегодной инспекционной проверки каждой сертифицированной организации авиатопливообеспечения на предмет обеспечения нормативов качества и чистоты авиатоплива на всех этапах технологического процесса. Реализация этих требований, подтвержденная в процессе сертификаций, способствовала существенному улучшению качественных показателей процессов авиатопливообеспечения.

Разумеется, ЦС авиаГСМ занимался и занимается не только сертификацией. Задач, стоящих перед ним как перед научно-исследовательским подразделением института, никто не снимал. И направлений работы у центра множество. Основные из них:

- организация и проведение исследований, испытаний новых и модифициро-ванных авиаГСМ и спецжидкостей;
- разработка и внедрение современных технологий подготовки и применения на авиатехнике авиаГСМ и спецжидкостей;
- исследования авиаГСМ аварийной и отказавшей авиатехники, арбитраж-ные исследования;
- разработка технических требований к оборудованию авиатопливообеспечения, организация и проведение его испытаний и сертификации;
- разработка нормативно-технической документации по вопросам подготовки и применения авиаГСМ, деятельности топливозаправочных комплексов и лабораторий ГСМ;
- стажировка персонала лабораторий и служб ГСМ авиапредприятий;
- гармонизация российских и международных нормативных документов в области авиатопливообеспечения.

Гармонизацией российских и международных нормативов ЦС авиаГСМ занимается со второй половины 90-х годов. А начало отношений с Международной ассоциацией эксплуатантов воз-

нительных жидкостей, методов контроля микробиологического загрязнения авиатоплива, а также разработка методики исследований авиатоплива после контакта с антикоррозионными лакокрасочными покрытиями;
- совершенствование государственной, отраслевой и межотраслевой норма-тивно-правовой базы в области авиаГСМ;
- разработка организационно-правовых основ топливозаправочных комплексов аэропортов (разработка требований к новым топливозаправочным комплексам, с учетом перспектив развития авиаперевозок и используемого парка воздушных судов);
- разработка программы модернизации топливозаправочных комплексов;
- разработка технических требований к применению, испытаниям и внедре-нию новой наземной авиационной техники авиатопливообеспечения;
- международное сотрудничество, участие в работе международных организаций и ассоциаций.

Учитывая, что зарубежные авиакомпании и отечественные авиакомпании, эксплуатирующие иностранные ВС, ориентируются на зарубежные требования (в первую очередь на рекомендации ИАТА, а также ведущих мировых компаний), одной из задач является проведение работ по гармонизации национальных и международных требований. В частности, участие в разработке Глобального стандарта ИАТА по приему, хранению, контролю качества, и применению авиатоплива в аэропортах.

Эти работы Центр планирует проводить как самостоятельно, так и совмест-но с предприятиями промышленности и гражданской авиации.

Современная научно-исследовательская база и высококвалифицированный штат сотрудников позволяют Центру решать задачи, стоящие перед гражданской авиацией.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

№ 000468

АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ ОРГАНА ПО СЕРТИФИКАЦИИ

№ № РОСС RU.0001.11НХ06

Действителен до «14» 11 2010 г.

НАСТОЯЩИЙ АТТЕСТАТ ВЫДАН ФЕДЕРАЛЬНОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ УНИТАРНОМУ ПРЕДПРИЯТИЮ
(наименование юридического лица с указанием организационно-правовой формы)
ГОСУДАРСТВЕННОМУ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ ИНСТИТУТУ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
103340, г. Москва, К-340, аэропорт Шереметьево, ГосНИИ ГА
(адрес юридического лица)
И УДОСТОВЕРЯЕТ, ЧТО ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ ЦЕНТРА СЕРТИФИКАЦИИ АВИАЦИОННЫХ И ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ
(наименование ОС)
МАТЕРИАЛОВ И СПЕЦЖИДКОСТЕЙ 125481, г. Москва, ул. Планерная, д. 22, корп. 2
(адрес ОС)
СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ ГОСТ Р ИСО/МЭК 65 - 2000, ГОСТ Р ИСО/МЭК 62 - (РУКОВОДСТВА ИСО/МЭК 65 , ИСО/МЭК 62:).
АККРЕДИТОВАН ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО СЕРТИФИКАЦИИ В СООТВЕТСТВИИ С ОБЛАСТЬЮ АККРЕДИТАЦИИ.
ОБЛАСТЬ АККРЕДИТАЦИИ ОПРЕДЕЛЕНА ПРИЛОЖЕНИЕМ К НАСТОЯЩЕМУ АТТЕСТАТУ И ЯВЛЯЕТСЯ ЕГО НЕОТЪЕМЛЕМОЙ ЧАСТЬЮ.

Руководитель (заместитель Руководителя) (подпись) Г.И. Элькин (инициалы, фамилия)

М.П.

Зарегистрирован в Едином реестре «14» 11 2007 г.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

№ 001122

АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ (ЦЕНТРА)

№ РОСС RU. 0001. 21 НХ 55

Действителен до «06» ноября 2010 г.

НАСТОЯЩИЙ АТТЕСТАТ ВЫДАН ФЕДЕРАЛЬНОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ УНИТАРНОМУ ПРЕДПРИЯТИЮ
(наименование юридического лица с указанием организационно-правовой формы)
ГОСУДАРСТВЕННОМУ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ ИНСТИТУТУ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
103340, г. Москва, К-340, аэропорт Шереметьево, ГосНИИ ГА
(адрес юридического лица)
И УДОСТОВЕРЯЕТ, ЧТО ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ЦЕНТРА СЕРТИФИКАЦИИ АВИАЦИОННЫХ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СПЕЦЖИДКОСТЕЙ
(наименование ИЛ (ИЦ))
125481, г. Москва, ул. Планерная, д. 22, корп. 2
(адрес ИЛ (ИЦ))
СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 - 2006 (МЕЖДУНАРОДНОГО СТАНДАРТА ИСО/МЭК 17025 2005).
АККРЕДИТОВАН(А) НА НЕЗАВИСИМОСТЬ И ТЕХНИЧЕСКУЮ КОМПЕТЕНТНОСТЬ
(техническую компетентность или техническую компетентность и независимость)
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО ИСПЫТАНИЯМ В СООТВЕТСТВИИ С ОБЛАСТЬЮ АККРЕДИТАЦИИ.
ОБЛАСТЬ АККРЕДИТАЦИИ ОПРЕДЕЛЕНА ПРИЛОЖЕНИЕМ К НАСТОЯЩЕМУ АТТЕСТАТУ И ЯВЛЯЕТСЯ ЕГО НЕОТЪЕМЛЕМОЙ ЧАСТЬЮ.

Руководитель (заместитель Руководителя) (подпись) Г.И. Элькин (инициалы, фамилия)

М.П.

Зарегистрирован в Едином реестре «06» ноября 2007 г.

Урявин С.П.
директор ЦС ГСМ ГосНИИ ГА

Коняев Е.А.
профессор МГТУ ГА

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ (ВТО) РЕАКТИВНЫХ ТОПЛИВ: НЕГАТИВНОСТЬ, ВЛИЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ, СПОСОБЫ БОРЬБЫ

Процесс осадкообразования в реактивных топливах оказывает негативное влияние на надежность работы авиационных газотурбинных двигателей (ГТД). ВТО в топливной системе ГТД приводит к:

- преждевременному засорению фильтров;
- заеданию золотников в насосах-регуляторах, что ведет к «зависанию» оборотов, повышению времени приемистости, помпажу или самовыключению двигателя;
- ухудшению распыла топлива форсунками, сопровождаемого короблением и прогаром жаровых труб.

Исследование процессов осадкообразования углеводородных топлив выявили основную закономерность: образование осадков происходит вследствие повышения температуры их нагрева (1, 2). Для каждого топлива существует температура максимального осадкообразования:
Для Т-2 -135°С; для ТС-1 - 150°С; для Т-1 - 160°С, для Т-6 - 180°С.

Температура влияет не только на количество осадков, но и на их дисперсный состав (2). С увеличением температуры топлива размеры частиц осадка в нем увеличиваются. Так при температуре 120°С в топливах ТС-1, Т-1 отсутствуют частицы размером более 50 мкм. При повышении температуры до 150°С наблюдается образование частиц размером 50…120 мкм. Из-за малых зазоров в золотниковых парах топливорегулирующей аппаратуры (табл.1) возникают различные аварийные ситуации, отмеченные выше.

Таблица 1. Зазоры в золотниковых парах.

№№	элементы ТРА	зазоры, мкм
1	Дроссельный кран-втулка	8...12
2	Золотник клапана постоянного перепада - втулка	7...9
3	Распределительный клапан-втулка	10...14
4	Шток гидрозамедлителя - муфта	6...8
5	Плунжер - гильза	15...22
6	Золотники клапана сброса - втулка	5...8

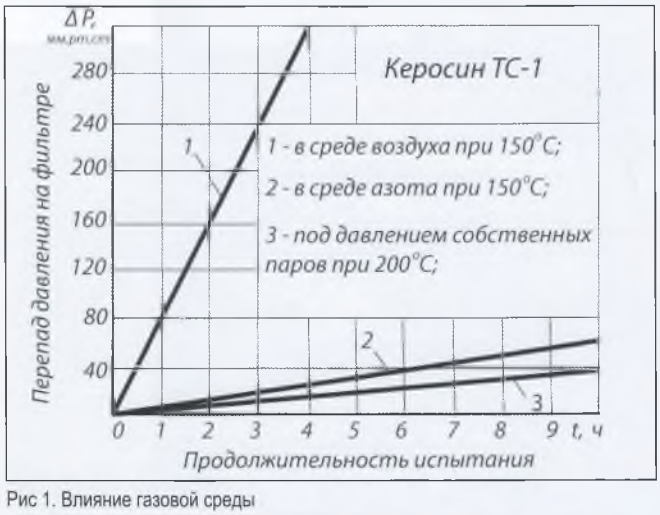


Рис 1. Влияние газовой среды на забивку топливного фильтра осадками топлива ТС-1

Повышение температуры топлива вызывает увеличение в составе осадков органических смолистых соединений, а также углерода, серы и азота.

Термоокислительная стабильность реактивных топлив снижается в присутствии смолистых и сернистых соединений и, особенно, при наличии меркаптанов.

Ключевую роль в окислении углеводородов играет кислород, присутствие которого в топливе и надтопливном пространстве способствует интенсификации образования осадков (рис.1)

Ряд конструкционных материалов оказываются катализаторами *(Pb, Cu, Sn, Cr, Al, Fe)* и ингибиторами *(Nb, Zn, Ni, W, Mg, Mo)* окисления реактивных топлив (РТ).

Большое внимание в настоящее время уделяется повышению термостабильности РТ с помощью гидроочистки, которая служит для удаления сернистых соединений, продуктов окисления и смол.

Повышению термостабильности РТ способствуют различные присадки: амифатические амины, сополимеры эфиров метакриловой кислоты и др. При введение их в топливо в количестве до 0,1 % термостабильность увеличивается до 200°С (рис.2). Скорость прокачки топлива играет существенную роль в топливоподаче и охлаждении агрегатов ГТД, она приводит к изменениям в структуре пограничного слоя, а, следовательно. К изменению скорости осадкообразования на фильтрах и греющих стенках каналов (например, ТМР).

Фактор времени в процессе осадкообразования играет очень большую роль, особенно в начальной стадии работы (1). Здесь же нужно отметить и фактор цикличности работы ГТД (циклом нужно считать запуск – останов изделия даже без учета времени работы). Чем больше циклов, тем больше осадка.

Таким образом можно отметить, что осадкообразование (δ_{oc}) в авиационном ГТД зависит от многочисленных факторов:

$$\delta_{oc} = f\,(T_{CT};\ T_T;\ P_T;\ w_T;\ M_{CT};\ \Pi_P\ ;\ K_{O_2};\ K_{N_2}\ ;\ X;\ N)$$

где T_{CT} — температура стенки; T_T — температура топлива; P_T - давление топлива; w_T - скорость прокачки; M_{CT} - материал стенки; Π_P - присадки; K_O, - насыщенность кислородом; K_{N_2} - насыщенность инертным газом (азотом); X — физико-химические свойства топлива; N — число циклов работы ГТД.

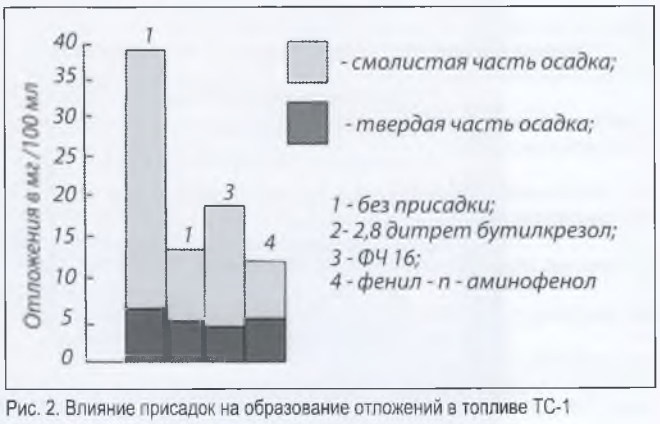


Рис. 2. Влияние присадок на образование отложений в топливе ТС-1

Рассмотрим способы предотвращения, уменьшения и удаления высокотемпературных отложений с деталей и узлов ГТД.

К существующим технологическим методам снижения δ_{oc} можно отнести:
- улучшение технологии получения топлив с применением гидрокрекинга;
- улучшение технологии очистки топлив на НПЗ, гидроочистку;
- добавку антиосадкообразующих присадок;
- предварительную микрофильтрацию.

К существующим конструкторским методам снижения δ_{oc} можно отнести:
- выбор материала стенки;
- создание полированной поверхности.

К перспективным конструкторским методам по уменьшению δос можно отнести:
- обеспечение расчетного необходимого охлаждения стенки до температуры ниже 100°С;
- использование электроизолирующего (керамического) покрытия стенок каналов.

Существующие эксплуатационные методы по снижению δос охватывают:
- уменьшение контакта топлив с окружающим воздухом (плавающие крыши на резервуарах складов ГСМ);
- обеспечение продувки нагретых изделий топливной системы после останова ГТД;
- обеспечение минимального давления при запуске и останове ГТД;
- обеспечение более высокой степени фильтрации топлив при эксплуатации ГТД.

Перспективными эксплуатационными методами следует считать:
- удаление кислорода из топливных систем;
- заполнение надтопливного пространства инертным газом (азотом).

Следует отметить, что все вышеперечисленные методы и способы по снижению ВТО могут осуществляться без снятия двигателя с самолета.

Существующие методы удаления ВТО включают:
- физико-механический метод (очистка ручным инструментом; пескоструйная обработка; очистка косточковой крошкой, дисковыми проволочными щетками);
- физико-химические методы (удаление ВТО посредством щелочных соединений, поверхностно-активных веществ, синтетических моющих средств);
- химико-термические методы (химическое разрушение нагретым реактивом, выжигание ВТО, объемно-температурное изменение).

Физико-химические методы могут проводиться во время профилактических работ при периодическом техническом обслуживании. Остальные проводятся только на ремонтных заводах.

К перспективным методам удаления отложений или снижения их негативного воздействия можно отнести:
- применение в топливной аппаратуре сменных элементов и деталей (фильтров, форсунок, золотниково-распределительных устройств), которые могли бы заменяться автоматически, полуавтоматически (в полете) или вручную (на земле при ТО);
- использование ультразвукового возбуждения колебаний золотниковых-распределительных устройств для предотвращения их заедания на временных интервалах полета, соответствующих их рабочему диапазону.

Это относится к золотниковым парам клапанов перепуска воздуха, управления перекладкой лопаток направляющего аппарата, постоянства перепада давления, управления реверсом и др.

Частота и мощность ультразвукового воздействия, необходимые для страгивания золотника и зависящие от силы трения, массовых и геометрических характеристик золотниковых пар, могут быть определены по методике, изложенной в работе (3).

Список литературы:

1. **Дубовкин Н.Ф., Маланичева В.Г. и др.** *Физико-химические и эксплуатационные свойства реактивных топлив.* Москва : Химия, 1985. стр. 240.
2. **Яновский Л.С., Иванов В.Ф., Галимов Ф.М. и др.** *Коксоотложения в авиационных и ракетных двигателях.* Казань : Абак, 1999. стр. 284.
3. **Коняев Е.А., Урявин С.П.** *Разработка метода обеспечения надежности золотниковых пар топливорегулирующей аппаратуры ГТД.* Москва : Научный вестник МГТУ ГА №143, 2009 г

Тимошенко А.Н.
заместитель директора ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА

Урявин С.П.
директор ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА

Козлов А. Н.
к.т.н. доцент МГТУ ГА

FAME – ПРЯМАЯ УГРОЗА БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

Трудно точно сказать, когда в авиационном сообществе России заговорили о FAME. Достоверно известна публикация в журнале «Авиаглобус» от декабря 2008 года, который рассказал о проблемах в Европе. И это очень серьезные проблемы, которые очень серьезно угрожают безопасности полетов, ибо FAME – биодизельное топливо – оказывает крайне негативное воздействие на работу топливных систем воздушных судов. Похоже, на сегодня почти вся сеть авиатопливообеспечения Европы уже заражена FAME. И для IATA (международной ассоциации авиатранспорта) FAME – это неутихающая головная боль. Но ведь российские воздушные суда активно летают за рубеж. Следовательно, возможно «заражение» и наших самолетов и вертолетов. Кроме того, и наша промышленность готовится производить FAME. Это значит, что и российская гражданская авиация скоро соприкоснется с этой проблемой.

Авторы статьи ставят своей целью познакомить читателей с процессом поиска за рубежом путей разрешения конфликта между FAME и гражданской авиацией.

Но сначала о том, что такое FAME и почему он негативно влияет на безопасность полетов.

Нефть - источник энергии, потребляемой мировым населением в объеме, большем, чем уголь, природный газ, ядерная энергия, гидроэнергия, энергия из возобновляемых источников. В наши дни успешно развиваются технологии сжигания угля, торфа, газа. Атомная энергия при добросовестном подходе экологична и дает «чистое» электричество и тепловую энергию. Главная проблема сейчас не в нехватке энергии как таковой, а в нехватке компактной энергии, той, которая будет двигать транспортные средства. В настоящее время эта компактная энергия получается путем переработки нефти. Однако запасы нефти не бесконечны. В этой связи мировая наука направляет свои усилия на поиск альтернативных нефти и, в первую очередь, возобновляемых источников энергии. На сегодняшний день главный возобновляемый источник энергии на нашей планете – биомасса растений. Отсюда за топливом, получаемым из биомассы растений, закрепилось название биотопливо. Хотя это название не вполне точное. Вообще в области энергетики на основе переработки биомассы терминология еще не установилась, она весьма размыта, условна и даже противоречива. Поэтому в дальнейшем в разговоре о биотопливе мы будем особо оговаривать применяемые термины, ориентируясь преимущественно на европейскую терминологию в силу лидирующих позиций Европы в этой области.

Вообще история применения биотоплива в двигателях внутреннего сгорания насчитывает столько же лет, сколько и сами двигатели внутреннего сгорания. Например, в 1897 году немецкий инженер Рудольф Дизель создал двигатель, названный впоследствии его именем. Первый образец дизельного двигателя работал на растительном масле. Но это топливо было слишком вязким, тяжелым, с высокой склонностью к нагарообразованию. Поэтому практически сразу оно было заменено на более качественное, доступное и дешевое топливо из нефти. О биотопливе на время забыли и не вспоминали до нефтяного кризиса 70-х годов. Но когда ведущие экономики мира столкнулись с проблемами истощения нефтяных месторождений, устойчивым трендом к росту цен на нефть, загрязнением окружающей среды, изменением климата, то вновь вспомнили о биотопливе. В настоящее время будущее видится за «зелеными» продуктами и технологиями, которые способны кардинально улучшить экологию и качество жизни за счет снижения загрязненности природной среды и существенно удешевить энергоносители, всю вытекающую отсюда цепочку производства и производимые товары.

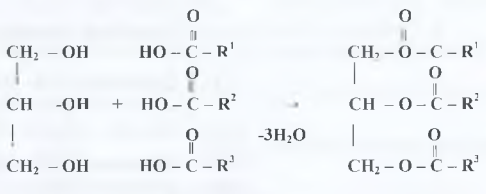
Что понимается под биотопливом? В настоящее время под биотопливом понимается твердое, жидкое или газообразное топливо, получаемое из биомассы химическим или биологическим способом.

Мы говорили выше о некотором противоречии в определении биотоплива. Несколько забегая вперед, скажем, что при производстве некоторых видов биотоплива химическим способом в ряде случаев используется метанол, который является сильнейшим ядом и сам является продуктом нефтепереработки. То есть такое топливо не может считаться полностью полученным из возобновляемых источников и, стало быть, безупречно экологически чистым. Мы не будем рассматривать все многообразие биотоплив, так как в настоящее время вырабатывается в промышленных масштабах и потребляется на рынке только два его вида: биоэтанол и биодизель.

Биоэтанол представляет собой этиловый спирт, получаемый путем брожения растительной массы. Выход биоэтанола тем больше, чем больше растения содержат сахара и крахмала. Поэтому самыми продуктивными растениями являются сахарный тростник и кукуруза. Биоэтанол используется как добавка к бензину и далее не будет рассматриваться в нашей статье.

Применительно к авиации важно рассмотреть биодизель. Первоначально биодизелем называли смесь минерального дизельного топлива с рапсовым (и только рапсовым) маслом. Такие смеси готовили в соотношении 5-30% рапсового масла и 95-70% минерального топлива. Затем стали проводить эксперименты с соевым, кукурузным, пальмовым и другими маслами. Однако продукт получался некачественный в первую очередь в силу своей нестабильности: после определенного периода времени происходило расслоение смеси на масло и дизельное топливо, что являлось причиной нестабильной работы двигателя. Поэтому стояла проблема такой подготовки (трансформации) масла, чтобы оно оказалось похожим по своим физико-химическим свойствам на минеральное дизельное топливо и пригодным для применения в качестве горючего в двигателях внутреннего сгорания как в чистом виде, так и в смеси с минеральным топливом.

Для дальнейшего понимания воздействия биодизеля на авиационную технику и авиационное реактивное топливо необходимо проанализировать состав исходного сырья и технологию получения биодизеля. Исходным сырьем являются растительные масла. Растительные масла – это жидкие жиры растительного происхождения. Другое название жиров – триглицериды (или триацилглицерины). Триглицерид представляет собой остов глицерина, к которому прикреплены радикалы жирных кислот.

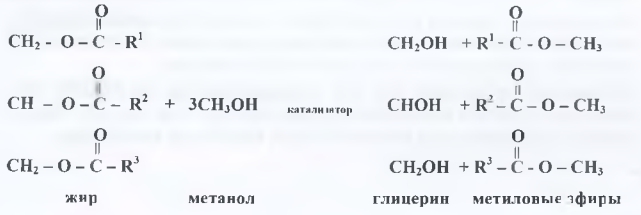


Глицерин C3H5(OH)3 – простейший представитель трехатомных спиртов. Жирные (алифатические) кислоты – это многочисленная группа исключительно неразветвленных односоставных карбоновых кислот с открытой цепью. Название кислот исторически основано на обнаружении их в природных жирах. R1, R2, R3 – радикалы (иногда различных) жирных кислот. В растительных маслах семян встречается более 400 структур жирных кислот, хотя широко распространены только 12. Высокое процентное содержание редких жирных кислот наблюдается в семенах определенных растений. В частности, рапсовое масло содержит в своем составе радикалы следующих жирных кислот (табл.1).

Кислота			Содержание , % масс
Название	Тип	Формула	
Пальмитиновая	Насыщенная	$C_{16}H_{32}O_2$	4,8
Стеариновая	Насыщенная	$C_{18}H_{36}O_2$	1,7
Олеиновая	Мононенасыщенная с 1 двойной связью	$C_{18}H_{34}O_2$	43,7
Линолевая	Полиненасыщенная с 2 двойными связями	$C_{18}H_{32}O_2$	20,9
Линоленовая	Полиненасыщенная с 3 двойными связями	$C_{18}H_{30}O_2$	8,5
Эйкозеновая	Мононенасыщенная с 4 двойными связями	$C_{20}H_{38}O_2$	4,8
Эруковая	Мононенасыщенная с 1 двойной связью	$C_{22}H_{42}O_2$	15,4

Таблица 1

То есть триглицериды представляют собой полные сложные эфиры как продукт взаимодействия спирта (глицерина) и жирных кислот. Растительные масла на 95-97% состоят из триглицеридов. Оставшаяся часть приходится на воски, фосфатиды , жирные кислоты, липохромы, токоферолы, витамины и другие вещества, сообщающие маслам окраску, вкус и запах. Как уже говорилось выше, растительные масла имеют слишком большую вязкость, которая препятствует их прямому использованию в качестве дизельного топлива. Поэтому нужно уменьшить вязкость растительного масла. Вязкость и плотность растительному маслу придает остов глицерина в составе молекул триглицеридов. Если в молекуле триглицерида остов глицерина заместить на более легкий остов этанола или метанола, то будет получен менее вязкий и менее плотный эфир, соответственно этиловый или метиловый . Полученные продукты вполне пригодны для прямого использования в качестве биодизеля или биокомпонента биодизеля. Реакцию обмена глицерина в составе жиров на остовы метила или этила называют переэтерификацией (или трансэтерификацией). В случае реакции с метиловым спиртом уравнение химической реакции будет выглядеть следующим образом :



То есть сложный эфир глицерина (триглицерид) + метанол = сложные эфиры метанола + глицерин.

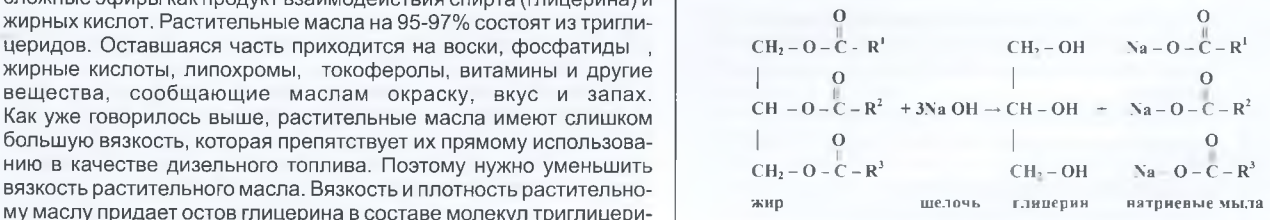
Весь процесс состоит из нескольких последовательных реакций. Некоторые реакции являются обратимыми (могут протекать в обратном направлении). Реакция переэтерификации идет очень медленно и протекает лишь в присутствии катализатора. В промышленных масштабах в качестве катализатора используются гидроксиды щелочных металлов (NaOH, KOH). Образование эфира как при реакции этерификации, так и при реакции переэтерификации никогда не идет до конца, как бы долго она ни совершалась. Глубина переэтерификации при благоприятных условиях достигает 95 – 96%. Реакция переэтерификации с применением спиртов называется алкоголизом. С увеличением молекулярной массы спирта алкоголиз замедляется. Величина в 95 – 96% выхода эфира относится к случаю использования метилового спирта. При использовании этилового спирта глубина алкоголиза соответствует примерно 35%. В этой связи, несмотря на то что этиловый спирт гораздо более экологичен, чем метиловый, именно метиловый спирт находит большее применение. И зарубежные стандарты на биодизель распространяются именно на метиловые эфиры.

Таким образом, в настоящее время для производства биодизеля используются следующие компоненты:

- растительные масла,
- метанол,
- щелочи (NaOH, KOH).

Для повышения выхода сложного эфира необходимо увеличивать концентрацию одного из исходных веществ и (или) удалять из сферы реакции образовавшиеся вещества. Последнее осуществить технологически несколько затруднительно. Поэтому для получения метилового эфира к девяти массовым частям растительного масла (1000 кг) добавляют одну массовую часть метанола (111 кг) в присутствии небольшого количества (12 кг) щелочного катализатора. Ингредиенты перемешивают в реакторах при температуре 50 – 80°C и нормальном атмосферном давлении. Из указанного количества получается примерно 970 кг (1135 литров) метилового эфира и 153 кг глицерина. Помимо метилового эфира и глицерина после завершения реакции в реакторе будут присутствовать следующие вещества:

1. Далеко не всегда в производстве используется рафинированное растительное масло. В большинстве случаев в нем присутствуют механические примеси, которые оказываются в готовом метиловом эфире, а также сами являются участниками или катализаторами побочных химических реакций.
2. При изготовлении биодизеля метиловый спирт подается в реактор в избыточном количестве, что приводит к тому, что в готовом продукте содержится некоторое количество свободного метанола.
3. Часть растительных жиров в реакторе вступает во взаимодействие со щелочью (катализатором), то есть происходит классическая необратимая реакция омыления – гидролиза сложных эфиров жирных кислот со щелочами. В результате реакции образуются соли щелочных металлов (мыла) и спирты.



Итак, продуктами технологического процесса производства метиловых эфиров растительного масла являются :

- метиловые эфиры,
- свободный глицерин,
- механические примеси,
- мыла,
- остатки растительного масла,
- остатки катализаторов (щелочи),
- возможно присутствие воды.

В процессе производства после подачи компонентов химической реакции в реактор смесь некоторое время перемешивается, а затем отстаивается. В результате последующего отстаивания смесь расслаивается. В верхнем слое остается метиловый эфир. Затем идет слой, содержащий много мыла. На дне остается глицерин. Глицерин и мыльный слой затем отделяются. Приготовленный метиловый эфир имеет цвет меда, глицерин темнее и имеет цвет вплоть до коричневого. Полученный глицерин имеет температуру затвердевания приблизительно 38°C.

По завершении реакции следует процесс очистки метилового эфира от побочных продуктов. Процесс очистки сложный и требует больших временных затрат. Очистка от глицерина и мыл, как уже говорилось выше, осуществляется в первую очередь путем отстаивания. Но осаждение глицерина происходит неравномерно. Какая-то его часть остается в метиловом эфире даже спустя 5-6 часов. Поэтому в ряде технологических процессов очистки отстаивание продолжается до семи суток.

Затем следует фильтрация метилового эфира.

Вслед за фильтрацией производится неоднократная промывка готового топлива водой. Иногда в одном из этапов промывки применяется подкисливание воды для удаления остатков щелочи (катализатора).

Затем производится сушка готового топлива выветриванием или сорбентом.

Тем не менее, в готовом топливе остаются вредные примеси, присутствие которых нормируется зарубежными стандартами:

- вода – не более 700 мг/кг
- метанол – не более 0,3% масс.
- свободный глицерин – не более 0,02% масс.
- общий глицерин – не более 0,25% масс.
- триглицериды – не более 0,2% масс.
- диглицериды – не более 0,2% масс.
- моноглицериды – не более 0,2% масс.

Таким образом, процесс производства метилового эфира – это сложный процесс и с точки зрения органического синтеза, и с точки зрения технологии обеспечения приемлемого качества выходного продукта. Тем не менее, интернет «завален» предложениями о продаже «минизаводов» по производству метиловых эфиров типа «Завод у Вас в гараже (на участке, в сарае…)». Во многих из этих предложений очистку метилового эфира от побочных продуктов предлагается производить по упрощенной схеме: фильтрованием, сепарацией или центрифугированием. А качество готового эфира предлагается определять «прежде всего, на глаз и с помощью лакмусовой бумажки». В принципе, для получения биодизеля могут быть использованы любые виды растительных масел. Разные страны с учетом климатических зон и аграрных

Итак, продуктами технологического процесса производства метиловых эфиров растительного масла являются :

- метиловые эфиры,
- свободный глицерин,
- механические примеси,
- мыла,
- остатки растительного масла,
- остатки катализаторов (щелочи),
- возможно присутствие воды.

В процессе производства после подачи компонентов химической реакции в реактор смесь некоторое время перемешивается, а затем отстаивается. В результате последующего отстаивания смесь расслаивается. В верхнем слое остается метиловый эфир. Затем идет слой, содержащий много мыла. На дне остается глицерин. Глицерин и мыльный слой затем отделяются. Приготовленный метиловый эфир имеет цвет меда, глицерин темнее и имеет цвет вплоть до коричневого. Полученный глицерин имеет температуру затвердевания приблизительно 38°С.

По завершении реакции следует процесс очистки метилового эфира от побочных продуктов. Процесс очистки сложный и требует больших временных затрат. Очистка от глицерина и мыл, как уже говорилось выше, осуществляется в первую очередь путем отстаивания. Но осаждение глицерина происходит нерав-

Группа факторов	Достоинства	
Экономические факторы	1.Производство биодизеля позволяет ввести в оборот неиспользуемые сельскохозяйственные земли, создать новые рабочие места в сельском хозяйстве. 2.Эффект экономического мультипликатора: развитие сельскохозяйственной и смежной отраслей. 3.Расширение топливных ресурсов: повышение энергетической и экономической безопасности за счет улучшенного процесса горения вследствие присутствия в эфирах растительных масел 10-12%	массовых кислорода. 4.Меньшая зависимость от цен эфирах растительных масел на нефтепродукты. 5.Низкая себестоимость производства вследствие относительно простой технологии производства и низких энергозатрат. 6.Жмых, получаемый в процессе производства растительного масла, используется в качестве корма для скота, что позволяет более плотно утилизировать биомассу растений. 7.Побочный продукт производства эфиров растительных масел – глицерин, который востребован во многих отраслях народного хозяйства.
Экологические факторы	1.Отстутствие в эфирах растительных масел канцерогенных веществ, а именно полициклических ароматических углеводородов. 2.Эфиры растительных масел подвергается практически полному биологическому распаду: в почве или в воде микроорганизмы за 28 дней перерабатывают 99% эфиров растительных масел, что позволяет говорить о минимализации загрязнения водоемов. 3.Эфиры растительных масел не содержит серы, а, следовательно, выбросы не содержат оксидов серы.	4.Сокращение выбросов CO2. При сгорании эфиров растительных масел выделяется такое же количество углекислого газа, которое было потреблено из атмосферы растением, являющимся исходным сырьем для производства масла за весь период его жизни. Двигатели, работающие на смесевом биодизельном топливе, выбрасывают CO2 на 10-30% меньше. 5.Снижение выбросов CO, CH, твердых частиц на 43-56% за счет улучшенного процесса горения вследствие присутствия в эфирах растительных масел 10-12% массовых кислорода.
Технические факторы	1.Высокая температура воспламенения. Точка воспламенения биодизеля превышает 1200С, что позволяет назвать биодизель относительно безопасным веществом. 2.Хорошие смазочные характеристики эфиров растительных масел (минеральное дизельное топливо при устранении из него сернистых соединений теряет свои смазочные способности). 3. Более высокое цетановое число. 4.Хорошие моющие свойства. 5.Отсутствует необходимость модернизировать двигатель.	1.Некторые свойства эфиров растительных масел зависят от вида исходного сырья (растения). 2.Качество эфиров растительных масел зависит от степени подготовки растительного масла и от точности выдерживания технологического процесса производства. 3.Относительная простота технологии производства приводит к широкому распространению полукустарных установок, не обеспечивающих характеристики, заданные в стандартах на эфиры растительных масел. 4.При производстве биодизеля смешение нефтяного дизельного топлива с эфирами растительных масел возможно не только на стадии производства, но и на стадии обращения. Смешение топлив в процессе реализации или при применении носит случайный характер и может серьезно ухудшать эксплуатационные характеристики топлив. Наиболее уязвимы топлива с присадками, эффективность которых существенно зависит от состава базового топлива. В дизельное топливо вводятся депрессорные, противоизносные, цетаноповышающие и другие присадки. Совместимость таких дизельных топлив друг с другом практически не изучена. И, тем более, не изучена совместимость таких топлив с эфирами растительных масел 5.Высокие моющие свойства вызывают загрязнение биодизеля в процессе его транспортировки, перекачки, хранения в связи с тем, что он смывает загрязнения с внутренней поверхности резервуаров и трубопроводов. 6.Некоторое увеличение выбросов озонообразующих компонентов (ароматических углеводородов, олефинов и альдегидов). Поэтому двигатели, работающие на биодизеле, должны быть оборудованы каталитическими нейтрализаторами. 7.Теплотворная способность эфиров растительных масел составляет примерно 88% от теплотворной способности нефтяного дизельного топлива. Одновременно плотность эфиров растительных масел несколько выше, чем у нефтяного дизельного топлива. Суммируя эти два показателя, расход биодизеля

Номенклатура товарных марок эфиров жирных кислот неуклонно расширяется. Многие страны (в первую очередь европейские) уже разработали национальные стандарты на биодизельное топливо:

- Германия - DIN V 51606 (1997, FAME);
- Австрия - ON C 1191 (1997, FAME);
- Швеция - SS 155436 (1996, FAME);
- Франция - Journal Official (1997, VOME);
- Италия - UNI 10635 (1997, VOME);
- Чехия - CSN 656507 (1998, RME);
- США - ASTM D 6751 (2001, FAMAE).

С 2003 года действует Европейский стандарт EN 14214: 2003 «Автомобильные топлива. Метиловые эфиры жирных кислот (FAME) для дизельных двигателей. Требования и методы испытаний».

Преимущества и недостатки метиловых эфиров жирных кислот как топлива представлены в **таблице 2**.

Таблица 2.

	Недостатки
8.Основные европейские изготовители автомобилей в настоящее время покрывают гарантией машины, использующие биодизель. Однако некоторые производители настаивают на покрытии гарантией только биодизеля типа RME (рапсового метилового эфира), который указан в европейском биодизельном стандарте, и не покрывают гарантией двигатели, использующие SME (соевый метиловый эфир), используемый в США и не указанный в европейском биодизельном стандарте.	1.Большая зависимость от цен на продукты питания. Сравнительно высокая стоимость: стоимость RME в 2009 году была в два раза выше, чем стоимость нефтяного дизельного топлива. 2.Под производство сырья для биодизеля отчуждаются большие земельные площади. 3.Добавление в биодизель компонентов, пригодных для снижения температуры замерзания, значительно увеличивает себестоимость топлива.
Уменьшение эмиссии вредных веществ в отработавших газах позволяет использовать биодизель в двигателях при их работе в экологически уязвимых местах (городах, зонах отдыха, карьерных разработках).	1.Практически не исследованы химические свойства отработавших газов эфиров растительных масел. Нет данных о канцерогенных и мутагенных свойствах полученных веществ, что особенно важно для сельскохозяйственной техники, так как выбросы будут оседать на полях, где выращиваются продукты. 2.На больших земельных площадях нередко используют повышенные дозы средств защиты растений. Это приводит к биодеградации грунтов и снижению качества почв.
должен быть на 6-8% больше, чем расход нефтяного дизельного топлива. Однако до 5%-ной добавки эфиров растительных масел в нефтяное дизельное топливо перерегулировки двигателя не требуется. 8.При использовании биодизеля мощность дизельного двигателя снижается на 5-8%. 9.Повышенная вязкость и высокая температура застывания эфиров растительных масел. В холодное время года необходимо подогревать биодизель, идущий из топливного бака в двигатель или ограничивать применение эфиров растительных масел 20%- ми. Ухудшение запуска двигателей при температуре ниже 80С. 10.Высокая склонность эфиров растительных масел к разложению: биодизель не рекомендуется хранить более трех месяцев. Катализатором процесса разложения эфиров растительных масел является наличие в топливе кислорода, воды, примесей, повышенной температуры. Продуктами разложения являются: 1) муравьиная кислота, 2) уксусная кислота, 3) другие органические кислоты, 4) вода, 5) метанол, 6) продукты полимеризации, образующиеся при взаимодействии компонента с нефтяным дизельным топливом. Испытания показали, что разложение эфиров растительных масел возможно в самой системе топливоподачи транспортного средства. 11.Метиловые эфиры жирных кислот – химически активные (агрессивные) жидкости. Они вызывают высыхание, затвердение и разрушение резинотехнических изделий. При его использовании топливные баки, трубопроводы и другие элементы конструкции топливной системы должны иметь защитные покрытия. Метиловые эфиры агрессивны и в отношении лакокрасочных покрытий. Попадание метилового эфира в моторное масло приводит к его разжижению. Поэтому рекомендуется производить смену масла в 2 раза чаще, чем при работе двигателя на нефтяном дизельном топливе. 12.Метиловые эфиры жирных кислот обладают большой гигрос	копичностью. Наряду с водой, уже содержащейся в биотопливе при изготовлении, обводненное топливо имеет склонность к развитию микроорганизмов. Присутствие свободной воды в топливе приводит к преобразованию метиловых эфиров в жирные кислоты, образованию перекисей. Вода оказывает коррозионное воздействие на элементы топливной системы, увеличивает электропроводимость топлива, способствует засорению фильтров. 13.Повышенное количество углеродистых отложений метилового эфира на поверхности камеры сгорания и закоксовывание сопловых отверстий распылителей форсунок через 100-200 часов работы на нем. 14.Свободный глицерин, моно и диглицериды вызывают коррозию цветных металлов, засоряют фильтры (особенно бумажные), сопла топливных форсунок, способствуют образованию осадка на деталях и на лакокрасочных покрытиях. 15.Мыла засоряют фильтры, способствуют образованию нагара и смол в камере сгорания. 16.Свобоный метанол вызывает коррозию алюминия и цинка, является причиной низкой температуры вспышки в закрытом сосуде. 17.Свободные жирные кислоты образуют электролит и ускоряют коррозию цинка, образуют соли органических кислот и другие органические соединения. Эти процессы приводят к засорению фильтров и вызывают отложение осадков на деталях. 18.Муравьиная и уксусная кислоты вызывают коррозию элементов топливной системы. 19.Продукты полимеризации вызывают отложение осадков, особенно в смесевых топливах, и приводят к засорениям фильтров. 20.Коррозия топливной аппаратуры и образование осадков в топливных баках при использовании метиловых эфиров в биодизеле свыше 5%.

Из **таблицы 2** видно, что доводы в пользу применения биодизеля лежат не в области технической целесообразности, а в первую очередь в области экономики и частично в области экологии (хотя экологические преимущества носят умозрительный характер и полной оценки экологичности биодизеля не проводилось). В настоящее время в мире происходит быстрое упрочение позиций биодизеля, что в первую очередь объясняется стремлением политиков поддержать сельскохозяйственного производителя. В 2005 году странами ЕС произведено 3180 тысяч тонн биодизеля. Производственные мощности заводов ЕС по производству биодизеля в 2008 году составляли 13800 тысяч тонн. В 2008 году в Германии под рапс было занято 30% сельскохозяйственных площадей.

Производство биодизеля постоянно увеличивается. Совокупная доля ЕС и США в глобальном потреблении биодизеля составляет более 95%. В странах ЕС производители биотоплива имеют большие преференции. Около половины урожая рапса в ЕС перерабатывается на биодизель.

Биодизель, полученный из разных масел, имеет отличие в первую очередь по теплотворной способности и по температуре застывания. Например, масла и эфиры кокосового и пальмового масел имеют высокую теплотворную способность, однако и температура застывания у них тоже высокая, что налагает ограничения на их использование в качестве горючего на все сезоны, кроме летнего. Рапсовый эфир уступает им по теплотворной способности, но имеет низкую температуру плавления и лучше подходит для стран Скандинавии, Канады и России. Однако рапсовый эфир имеет большую склонность к автоокислению и полимеризации в плотную каучукоподобную массу.

В настоящее время реальным ограничителем наращивания доли метилового эфира в дизельном топливе выступает недостаточно низкая температура застывания. В принципе, можно использовать антифризы, но достигаемый эффект (понижение температуры застывания на 3-5%) незначителен, к тому же их введение не должно дискредитировать саму идею экологичного «зеленого» топлива, выращенного на поле.

Из этого краткого анализа становится ясно, каковы отрицательные последствия FAME в случае его попадания в баки воздушных судов:

1. FAME способен нарушить топливопитание авиадвигателей из-за забивки фильтров, зазоров, золотниковых пар топливорегулирующей аппаратуры двигателей, каналов форсунок по причинам:

1.1 наличия в его составе мыл, свободных глицерина, моно- и диглицеридов;

1.2 образования продуктов полимеризации при взаимодействии FAME и керосина (особенно в присутствии воды, которая, как известно, всегда присутствует в топливных баках воздушных судов);

1.3 образования жирными кислотами солей и других органических соединений.

1.4 повышенной вязкости и высокой температуры застывания FAME.

2. FAME способен ограничить ресурс авиадвигателей из-за повышенных углеродистых отложений на поверхности камеры сгорания и распылителей форсунок по причине высокой склонности к нагарообразованию метиловых эфиров, мыл.
3. FAME способен ограничить ресурс авиадвигателей и самих летательных аппаратов из-за коррозионных повреждений агрегатов и конструкций воздушных судов по причине коррозионной активности жирных кислот, свободных метанола и глицерина, муравьиной и уксусной кислот (продуктов разложения метиловых эфиров).
4. FAME способен ограничить ресурс авиадвигателей и самих летательных аппаратов из-за разрушения резинотехнических изделий по причине агрессивности FAME в отношении резин.
5. FAME способен оказать разрушительное воздействие на лакокрасочное покрытие топливных баков и агрегатов топливной системы по причине высокой агрессивности метиловых эфиров со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями.
6. FAME - нестабильный продукт с высокой склонностью к разложению. Срок его хранения ограничен тремя месяцами. Катализатором разложения является вода, постоянно присутствующая в баках воздушных судов. Продуктами разложения являются:
   - органические кислоты;
   - метанол;
   - продукты полимеризации от взаимодействия метиловых эфиров с керосином.

   Продукты полимеризации образуют плотную каучукоподобную массу.
7. FAME способствует или является причиной микробиологического загрязненя топливных систем воздушных судов. FAME содержит воду уже при изготовлении, кроме того, метиловые эфиры обладают высокой гигроскопичностью, что повышает обводненность топливных баков воздушных судов. Обводненный FAME имеет склонность к развитию микроорганизмов.
8. FAME способствует образованию отложений на деталях топливной системы из-за наличия свободных глицерина, жирных кислот и присутствия продуктов полимеризации.

По-видимому, совершенно не исследованы характеристики термостабильности FAME. И похоже, что даже методики оценки термостабильности FAME еще не выработано. Достоверно установлено только то, что при перегонке рапсового масла в целях исследования его термостабильности при температуре 3150С происходит необратимая химическая реакция, и в приемнике перегонного аппарата конденсируется подвижная ярко-зеленая жидкость с характерным резким неприятным запахом, при этом выделяется едкий дым, раздражающий слизистую оболочку глаз и носоглотки. В перегонной колбе остается черный густой субстрат. Спектроскопический анализ полученной зеленой жидкости показал, что это полиненасыщенные органические кислоты, имеющие сопряженные двойные связи[4].

Так что дальнейшие исследования эксплуатационных характеристик FAME могут привести к самым неожиданным и непредсказуемым сюрпризам.

Каким же образом такой одиозный продукт, как FAME, попадает в баки воздушных судов? Да самым простым! При транспортировке FAME и нефтяных топлив используют одни и те же транспортные средства (автомобильные и железнодорожные цистерны, танкеры) и трубопроводы.

В Европе и Америке уже издано достаточно много директивных и рекомендательных документов по проблеме FAME. Вот некоторые из них:

- Бюллетень JIG (Joint Inspection Group – Объединенной инспекционной группы) № 15 «Транспортировка биодизеля по мультипродуктовым трубопроводам» (ноябрь 2007 г.);
- Бюллетень JIG № 20 « Возможность взаимодействия реактивного топлива с биодизелем» (октябрь 2008 г.);
- Бюллетень JIG № 21 «Опасности от взаимодействия авиационного керосина с биодизелем» (ноябрь 2008 г.);
- Доклад IATA по альтернативным топливам за 2008 год (декабрь 2008 г.);
- Спецификация ASTM D 7566 – 09 «Стандартная спецификация для авиационного турбинного топлива, содержащего синтезированные углеводороды» (2009 г.);
- Бюллетень JIG № 26 «Предотвращение взаимодействия FAME с реактивным топливом в аэропортах» (июнь 2009 г.);
- Специальный информационный бюллетень летной годности Федеральной авиационной администрации (FAA) США SAIB NE-09-25 R 1 «Содержание биодизеля в реактивном топливе» (19.08.2009 г).

Цитата из бюллетеня FAA USA SAIB NE-09-25R1 «Биологический компонент биодизельного топлива – FAME - представляет собой поверхностно-активное вещество. Это означает, что теоретически он может налипать на стенки трубопроводов и резервуаров в процессе прохождения по ним биодизельного топлива, а затем отцепляться от этих стенок с попаданием в следующий продукт, коим может являться реактивное топливо. Кроме того, небольшие количества дизельного топлива, содержащего FAME, остающиеся в распределительных магистралях, резервуарах, автоцистернах и трубопроводах, могут вызывать появление следов FAME в авиационном топливе, транспортируемом через те же самые элементы впоследствии. При достаточно высоких концентрациях FAME способен влиять на термическую стабильность топлива, что может привести к отложению кокса в топливной системе. Загрязнение метиловыми эфирами жирных кислот также может изменять температуру замерзания реактивного топлива, приводя к загустеванию последнего. Результатом этого могут стать проблемы с функционированием двигателя и возможный срыв пламени».

То есть в этом документе отмечаются все те проблемы, о которых уже говорилось выше.

Важно обратить внимание на то, что FAME в силу своего компонентного состава является поверхностно-активным веществом. Технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» требует, чтобы топливо для реактивных двигателей не содержало поверхностно-активные вещества в количестве, ухудшающем его свойства. А в случае попадания FAME в керосин как раз происходит заражение авиакеросина поверхностно-активным веществом. Отсюда

злободневный вопрос: какая концентрация FAME в авиационном керосине является безопасной?

С 9 по 12 ноября 2009 года проходил международный форум IATA по авиационным топливам. Об озабоченности гражданской авиации вышеуказанными проблемами свидетельствует тот факт, что из 40 докладов по проблемам, связанным с FAME, было посвящено 9 докладов, которые заняли 30% времени работы форума. Наиболее ожесточенные дискуссии развернулись по вопросам, связанным с возможным содержанием FAME в авиакеросине.

На сегодня содержание FAME в авиакеросине для воздушных судов с двигателями американских производителей лимитируется именно бюллетенем FAA SAIB NE-09-25R1. В бюллетене описаны три возможные ситуации.

1. Концентрация FAME в керосине менее 5 мг/кг (менее 5ppm; ppm – parts per million – миллионная доля; 1ppm = 0,0001% = 10-6) считается безопасной.
2. При концентрации от 5 до 30 мг/кг требуется выполнить двойную промывку топливных баков воздушного судна чистым топливом и связаться с производителями летательного аппарата и двигателя для определения необходимого объема работ на технике с разрешения FAA USA.
3. Концентрация FAME в керосине более 30 мг/кг требует немедленной посадки воздушного судна в ближайшем подходящем аэропорту, запрета на вылеты, а также связаться с производителями летательного аппарата и двигателя для определения необходимого объема работ на технике с разрешения FAA USA. Но, подчеркнем, эти нормы фактически установлены американскими двигателестроительными корпорациями (в первую очередь Pratt–Whitney и General Electric) для самолетов с двигателями этих корпораций. Безопасный норматив на содержание FAME в керосине для российских воздушных судов должны установить именно ОКБ – разработчики воздушных судов и двигателей.

На сегодня в России поиск разрешения проблемы загрязнения авиакеросина биодизелем должен идти по следующим направлениям:

1. Разработка нормативных правовых актов по вопросам транспортировки, перекачки, хранения биотоплива и очистки резервуаров после биотоплива (вплоть до разработки соответствующего технического регламента или уточнения имеющегося).
2. Проведение научных исследований по изучению влияния биотоплива на работоспособность авиационной техники.
3. Проведение научных исследований по изучению влияния биотоплива на эксплуатационные характеристики авиатоплив.
4. Разработка мероприятий для организаций авиатопливообеспечения полетов воздушных судов гражданской авиации и авиакомпаний с учетом воздействия на процесс АТО нового негативного фактора – биотоплива.
5. Срочная доработка регламентов технического обслуживания российских воздушных судов с целью ужесточения требований по частоте и качеству слива отстоя авиатоплива (воды) из баков ВС, особенно при заправке в зарубежных аэропортах.
6. Срочная разработка, испытания и постановка на производство приборов для проведения анализов авиатоплив на предмет содержания биотоплива. Разработка рекомендаций по оснащению этими приборами лабораторий контроля качества авиаГСМ аэропортов.
7. Изучение зарубежного опыта по противодействию загрязнения авиатоплив биодизелем.
8. Разработка рекомендаций для российских авиакомпаний при полетах за границу.

Использованная литература.

1. **Зиненко С.А., Егоров С.А., Елкин С.И., Решетов В.И., Савенко В.И.** Альтернативные топлива с цетаноповышающей присадкой «Миксент 2000» для дизельных двигателей. (В сборнике « Проблемы разработки производства. оценки соответствия и применения горюче-смазочных материалов и технических средств нефтепродуктообеспечения» ФГУП « 25 ГосНИИ МО РФ. Москва. 2008).
2. **Пуляев Н.Н., Шайдурова О.Н., Приваленко А.Н.** Использование биотоплив в двигателях внутреннего сгорания. (там же).
3. **Туровский Ф.В.** Проблемы совместимости новых видов топлив в условиях применеия. (там же).
4. **Улюкина Е.А., Пуляев Н.Н., Шайдурова О.Н.** Термическая стабильность смесевого биотоплива на основе рапсового масла. (там же).
5. **Яновский А.С., Федоров Е.П., Варламова Н.И., Бородако П.В., Попов И.М.** Альтернативные реактивные топлива: проблемы и перспективы. (там же).
6. **Maike Farmtry, Steve Anderson.** Fame contamination shuts airports. Report IATA Fuel Forum, Vienna, Nov.2009.
7. **Peter Griffiths.** How to maximize the potential of biofuels. Report IATA Fuel Forum, Vienna, Nov.2009.
8. **Graham Hill.** Effect of FAME on susceptibility of merox-treated and hydro-treated Jet A-1 to microbiological growth. Report IATA Fuel Forum, Vienna, Nov.2009.
9. **James D. Kinder** . Alternative Fuels. Report IATA Fuel Forum, Vienna, Nov.2009.
10. **J-M. Longin.** FAME: supply security. Report IATA Fuel Forum, Vienna, Nov.2009.
11. **Stan Seto.** OEM FAME activites in 2009. Report IATA Fuel Forum, Vienna, Nov.2009.
12. **Mike Sherrat.** Rapid scring of FAME in Avtur. Report IATA Fuel Forum, Vienna, Nov.2009.
13. **Phil Rughen.** Cairman API/EI aviation fuel filtration committee. Report IATA Fuel Forum, Vienna, Nov.2009.
14. **ГОСТ Р 52808-2007** Нетрадиционные технологии. Энергетикка биоотходов. Термины и определения.
15. **ГОСТ Р ЕН 14103-2008** Производные жиров и масел. Метиловые эфиры жирных кислот (FAME). Определение содержания эфиров и метилового эфира линоленовой кислоты.
16. **ГОСТ Р ЕН 14105-2008** Производные жиров и масел. Метиловые эфиры жирных кислот (FAME). Определение содержания свободного и общего глицерина, моно-, ди-, триглицеридов (метод сравнения).

Тимошенко А.Н.
заместитель директора
ЦС авиаГСМ ФГУП
ГосНИИ ГА

Грядунов К.И.
аспирант МГТУ ГА

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГРАВИТАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ТОПЛИВ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Одним из способов очистки топлив от механических примесей является отстаивание. Норматив на отстаивание топлива в резервуарах служб ГСМ установлен приказом № 126 ДТВ МТ РФ от 1992 г. и составляет 4 часа на 1 м уровня. Этому нормативу соответствует скорость оседания частиц ~ 0,07 мм/с.
Произведем оценку размеров частиц, удовлетворяющих нормативной скорости оседания, в зависимости от материала частиц, плотности и вязкости топлива.

На частицу загрязнения шарообразной формы радиусом r_3 действуют следующие силы:

- сила тяжести $F_т = m_з \cdot g = \rho_з \cdot V_з \cdot g = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_з^3 \cdot g \cdot \rho_з$, (1)

  где ρ_3, V_3, m_3 - плотность, объем и масса частицы;
- архимедова сила $F_{арх} = m_т \cdot g = \rho_т \cdot V_з \cdot g = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_з^3 \cdot g \cdot \rho_т$,(2)

  где $\rho_т, m_т$ - плотность и масса топлива в объеме частицы загрязнения; g = 9810 мм/с^2 – ускорение свободного падения;
- сила вязкого трения $F_{тр}$.

В 1851 г. английский ученый Джордж Габриэль Стокс на основе анализа результатов экспериментальных исследований сформулировал закон, определяющий силу вязкого трения $F_{тр}$, испытываемую твердой шарообразной частицей при ее медленном движении в неограниченной вязкой жидкости с постоянной скоростью V_0:

$$F_{тр} = 6 \cdot \pi \cdot \mu_т \cdot r_з \cdot V_0 = 6 \cdot \pi \cdot \nu_т \cdot \rho_т \cdot r_з \cdot V_0 \ , \quad (3)$$

где $\mu_т$, $\nu_т$ - динамическая и кинематическая вязкости топлива.
- динамическая и кинематическая вязкости топлива.
Динамическая вязкость $\mu_т$ связана с кинематической вязкостью $\nu_т$ следующим соотношением:

Закон Стокса справедлив лишь для малых чисел Рейнольдса $(Re \leqslant 1)$, т.е. для условий ламинарного обтекания частицы.
Для установившегося движения частицы загрязнения уравнение равновесия имеет вид:

$$F_{тр} = F_т - F_{арх} \quad (4)$$

После подстановки выражений (1), (2), (3) в уравнение (4) получим:

$$6 \cdot \pi \cdot \nu_т \cdot \rho_т \cdot r_з \cdot V_0 = 4/3 \cdot \pi \cdot r_з^3 \cdot (\rho_з - \rho_т) \cdot g \quad (5)$$

Из уравнения (5) можно получить выражение для установившейся скорости оседания V_0 частицы:

$$V_0 = \frac{2180\, r_з^2}{\nu_т} \cdot \left(\frac{\rho_з}{\rho_т} - 1\right) \quad (6)$$

Формула (6) получена при использовании следующих размерностей: V_0 - мм/с; r_3 - мм; $\nu_т$ - мм^2/с.
Анализ выражения (6) показывает, что скорость оседания V_0 зависит от кинематической вязкости топлива $\nu_т$ и его плотности $\rho_т$, которые, в свою очередь, зависят от температуры топлива t.
Справочные данные по зависимости кинематической вязкости реактивных топлив от температуры представлены в табл.1.

Для расчетного определения вязкости $\nu_т$ топлива в зависимости от температуры t рекомендуется выражение [1]:

$$\lg(\lg(10^6 \cdot \nu_т + 1)) = \frac{A}{t+273} - B, \quad (7)$$

где $\nu_т$ - м^2/с, t - °С,

Значение коэффициентов A, B в уравнении (7) и средние квадратичные отклонения (СКО) между экспериментальными и расчетными значениями вязкости реактивных топлив представлены в табл.2

Формула (7) затрудняет получение зависимости кинематической вязкости $\nu_т$ от температуры.
Поэтому с использованием полиномиальной аппроксимации получена зависимость вязкости от температуры в виде:

$$\nu_т = (10^{-10} \cdot t^6 - 10^{-7} \cdot t^5 - 10^{-7} \cdot t^4 - 10^{-5} \cdot t^3 + 0.0007 \cdot t^2 - 0.0362 \cdot t + 1.8742), \quad (8)$$

t - °С.

График этой функции и её сравнение с зависимостью (7) приведены на рис.1.

Величина коэффициента корреляции R^2 близка к единице, что свидетельствует о высокой точности аппроксимации.

Для расчетного определения плотности топлива $\rho_т$ в зависимости от температуры используется выражение:

$$\rho_т = \rho_{20} + \beta \cdot (t - 20), \quad (9)$$

где ρ_{20} и $\rho_т$ - плотность топлива при 20°С и температуре t, β - средняя температурная поправка кг/(м^3 °С)

$$\beta = -(820{,}5 - 0{,}13\,\rho_{20}) \cdot 10^{-3} \quad (10)$$

Формулы (9) и (10) позволяют получить зависимость плотности топлива от температуры в явном виде:

$$\rho_т = \rho_{20} - \left((820{,}5 - 0{,}13 \cdot \rho_{20}) \cdot 10^{-3}\right) \cdot (t - 20) \quad (11)$$

Окончательное выражение зависимости скорости оседания частиц загрязнения в топливе от радиуса и плотности частиц, температуры топлива сформирована на основе выражений (6), (8) и (11):

$$V_0 = \frac{2180 \cdot r_з^2 \cdot \left(\frac{\rho_з}{\rho_{20} - (0{,}8205 - 0{,}00013 \cdot \rho_{20}) \cdot (t - 20)} - 1\right)}{(10^{-10} \cdot t^6 - 10^{-7} \cdot t^5 - 10^{-7} \cdot t^4 - 10^{-5} \cdot t^3 + 0.0007 \cdot t^2 - 0.0362 \cdot t + 1.8742)} \quad (12)$$

Воспользуемся этой зависимостью для определения скорости оседания частиц кварца (плотность 2400 кг/м^3) радиусами 0,03 мм, 0,005 мм, 0,01 мм и капель воды радиусами 0,01 мм и 0,02 мм.
Результаты расчёта представлены на рис.2. Там же для сравнения проведена линия нормативной скорости оседания, составляющей 0,07 мм/с.

Анализ результатов показывает, что частицы кварца радиусом 0,003 мм (3 мкм) во всем диапазоне температур не удовлетворяют требованиям норматива, частицы радиусом 5 мкм удовлетворяют требованиям при температуре более +12°С и радиусом 10 мкм – при температуре выше -40°С. Данные по воде приведены только для положительных температур. Результаты показывают, что норматив отстаивания соблюдается для капель воды радиусом 20 мкм.

Полученная математическая модель (12) позволяет рассчитывать скорость оседания модельных частиц в зависимости от плотности и температуры топлива, а также от размера и плотности частицы загрязнения.

Использована литература:

1. **Дубовкин Н.Ф, Яновский Л.С.**, и др. Топлива для воздушно-реактивных двигателей. Москва : МАТИ, 2001. - 443 с.

Таблица 1.
Кинематическая вязкость ν_T реактивных топлив в зависимости от температуры

Температура °С	ν_T, мм2/с		
	ТС-1	РТ	Т-8В
-50	8,09	7,24	17,52
-40	5,42	5,00	10,46
-30	3,89	3,68	6,91
-20	2,95	2,83	4,91
-10	2,32	2,26	3,68
0	1,89	1,86	2,88
20	1,34	1,34	1,93
40	1,01	1,03	1,40

Таблица 2
Значения коэффициентов A, B и СКО Δ

топливо	A	B	Δ,%
ТС-1	*387,336*	*1,75551*	*3,84*
РТ	*368,122*	*1,68882*	*2,45*

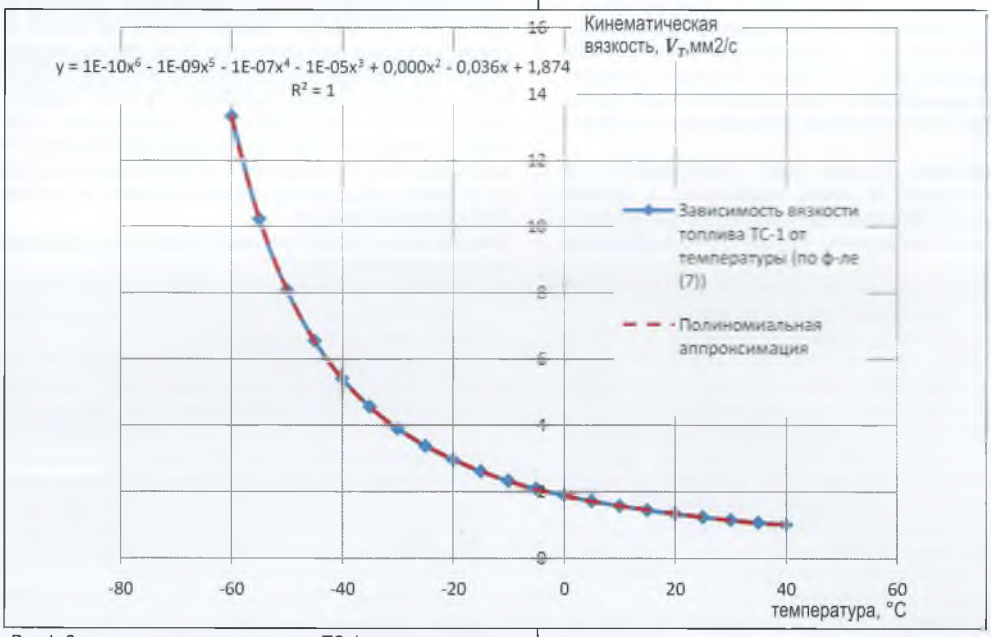


Рис 1. Зависимость вязкости топлива ТС-1 от температуры

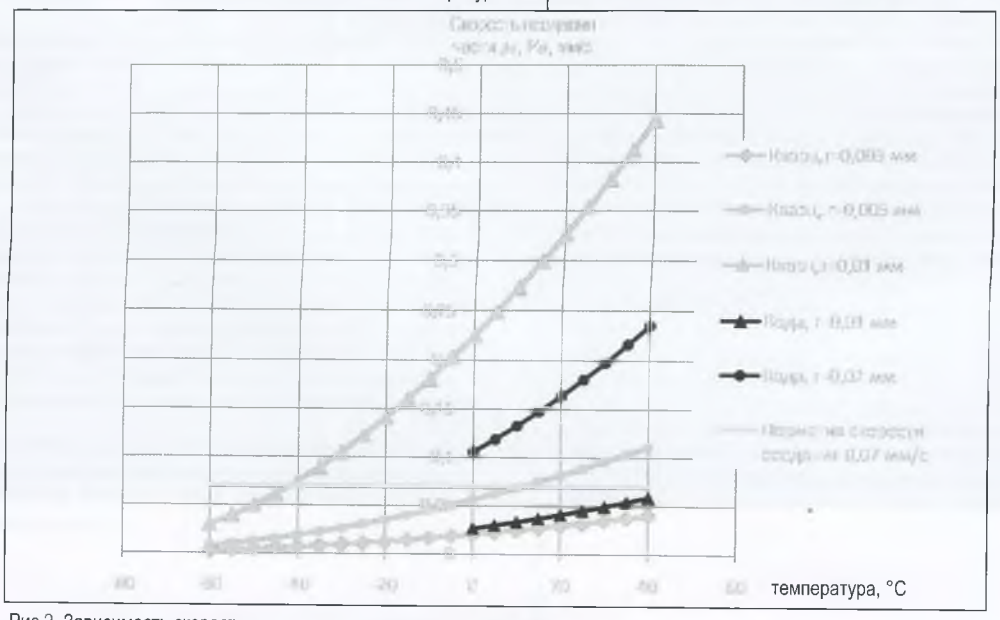


Рис 2. Зависимость скорости оседания частицы от температуры топлива, радиуса частицы и её материала

Осипов О.П.
директор НПО «АГРЕГАТ»
канд. техн. наук

МОНОПОЛИЗАЦИЯ РЫНКА АВИАТОПЛИВООБЕСПЕЧЕНИЯ

Доклад на заседании ассоциации ОАТО ВС ГА 09.02.10

За последние пять – шесть лет наметились значительные изменения в организационных структурах предприятий авиатопливообеспечения. Произошла или происходит смена собственника. Всё концентрируется в структурах крупных нефтяных компаний. Лукойл, Газпромнефть и т.д. Не так уж много. Как всегда две стороны медали в любой интеграции, монополизации, можно подобрать и иные термины и определения.

Безусловно, маломощное предприятие, сводящее экономические концы с концами не в состоянии проводить необходимые инвестиционные проекты и должным образом обеспечивать функционирование даже имеющейся технологии. Мы уже видели эффективность работы авиакомпаний, состоящих из двух старых вертолётов Ми-8. С этой точки зрения монополизация - большой плюс.

Нефтяные компании начали свою деятельность по реконструкции складов авиаГСМ очень правильно. С бизнес проектов, проектирования. Объявлялись и объявляются тендеры на проектирование. То же очень хорошо. Но, вот тут-то и обозначилась проблема:

- Отраслевые и проектные институты в своё время были либо закрыты вовсе, либо сильно сдали свои позиции.
- Такое направление, как проектирование объектов авиаГСМ, за отсутствием спроса, в большинстве институтов было утрачено. И там, где этим направлением начали сейчас вновь заниматься, произошла потеря преемственности.
- Сами по себе тендеры тоже имеют определённую слабость. Заказчику трудно оценить научно-технический уровень проектного института, а тем более то, что он проектирует. На первую линию выходят осознаваемые показатели: по цене, срокам, уступчивости проектанта к экономически выгодным, но технически неверным решениям и пожеланиям Заказчика.
- К этим проблемам прибавляется нерадивость и амбициозность отдельных сотрудников институтов.
- У проектных институтов не достаточно нормалей для проектирования, нет типовой технологической схемы авиатопливообеспечения, очень часто теряется взаимоувязка оборудования по техническим характеристикам и ресурсам.
- Наметилась тенденция привлечения иностранных кампаний к процессу проектирования. Это хорошо, но только в принципе. Мы уже знаем три провальных серьёзных проекта по России. Зарубежные кампании не имеют опыта проектирования в России, а это очень серьёзные особенности и по требованиям Ростехнадзора, и по климату и по менталитету. Работы иностранных кампаний по проектированию оказываются фактически расширенными ТЗ на проектирование и не более. Нужно обязательное взаимодействие с нашими проектными институтами.

Можно привести множество примеров. Допустим, что и как на складе авиаГСМ для нашего крайнего Севера проектирует один Украинский институт из Луганска. Запрашивает оборудование для откачки топлива из ТЗА-10 с производительностью 80-90м3/час. Кстати, выиграл тендер.

А какие присылают запросы и опросные листы на оборудование! Запрашивают разработки 50-х го-дов прошлого века. Допустим, присылают опрос-ный лист на сепаратор СТ-500! «ПроектНефтеГаз» просит прислать опросный лист на пробоотборник. Много такого. Настолько много, что необходимо говорить об этом в контексте проработки мер по контролю (допустим, обязательной сертификации) каждого проекта .

Проектируются иногда просто технически отсталые или неверные решения. Причём на долгие годы вперёд. Закладывается будущее. А оно уже изначально порочно или отсталое на сегодня.

При всём при этом некоторые проектные организации присылают договора с предложением заплатить им ту или иную сумму за то, что они включат в свои списки заводы, проектирующие и изготавливающие оборудование авиатопливообеспечения. Есть и положительные примеры. Их могу назвать по именам – Ленаэропроект (ГИП Бубнов), Сибаэропроект (ГИП Подставин), НИПИ газпереработка г. Краснодар (ГИП Омаров). Можно назвать ещё несколько. Но все работы эти организации охватить не могут, да и цены обосновано более высокие и, соответственно, не конкурентоспособные.

Вижу несколько путей решения проблемы в рамках возможностей Ассоциации ОАТО ВС ГА:

- Максимально вовлечь в работу Ассоциации Авиатопливообеспечения (ОАТО ВС ГА) проектные НИИ и организации, обеспечить их информацией;
- Под эгидой Ассоциации ОАТО ВС ГА организовывать совещания специалистов проектных НИИ с участием ведущих специалистов нефтяных компаний, ТЗК и членов Ассоциации ОАТО ВС ГА с целью обмена информацией, требованиями и систематизации в проектировании;
- Дать предложение в нефтяные компании о целесообразности проведения экспертной оценки ТЗ на проектирование и самих проектов силами ТК-18 или в рамках системы сертификации;
- Разработать типовые ТЗ на склады авиаГСМ и технологические схемы авиатопливообеспечения;
- Разработать ГОСТ Р «Технология авиатопливообеспечения. Общие технические требования».

Второе.

Любое производство, в том числе и авиатопливообеспечение, держится на четырёх китах. Организация производства, технология, оборудование и персонал.Всё очень взаимосвязано и не выделишь, что в первую, а что во вторую очередь.

В соответствии с отмеченными ранее организационно-структурными изменениями в последние годы стало просматриваться снижение заинтересованных руководителей и специалистов ТЗК и служб авиаГСМ. Несколько косвенных примеров:

- В 2008 году на выставке **«Авиатопливообеспечение 2008»** в *Крокус Экспо* и конференции, не смотря хорошую организационную подготовку, из служб авиаГСМ аэропортов было откровенно мало представителей. Не пустили в командировку командиры. Пришли менеджеры из вышеупомянутых компаний и всё. При всей их высокой квалификации увидели не то, что могут увидеть и узнать специалисты из ТЗК. Кроме того за производственников никто и ничего не увидит, и не вложит им в голову.
- На курсы повышения квалификации стали приезжать группы, среди которых нет былой заинтересованной публики.
- В заказах оборудования стали меньше участвовать специа-

листы из ТЗК. Согласование пустякового вопроса длится неделями, месяцами, дольше, чем занимает цикл всего производства во много раз.

- Наметилась тенденция к снижению квалификации персонала, даже в крупных аэропортах.

Не будет заинтересованного, квалифицированного и ответственного персонала на местах – могут вылезти серьёзные проблемы. И в этом виноват не кризис, а организация производства.

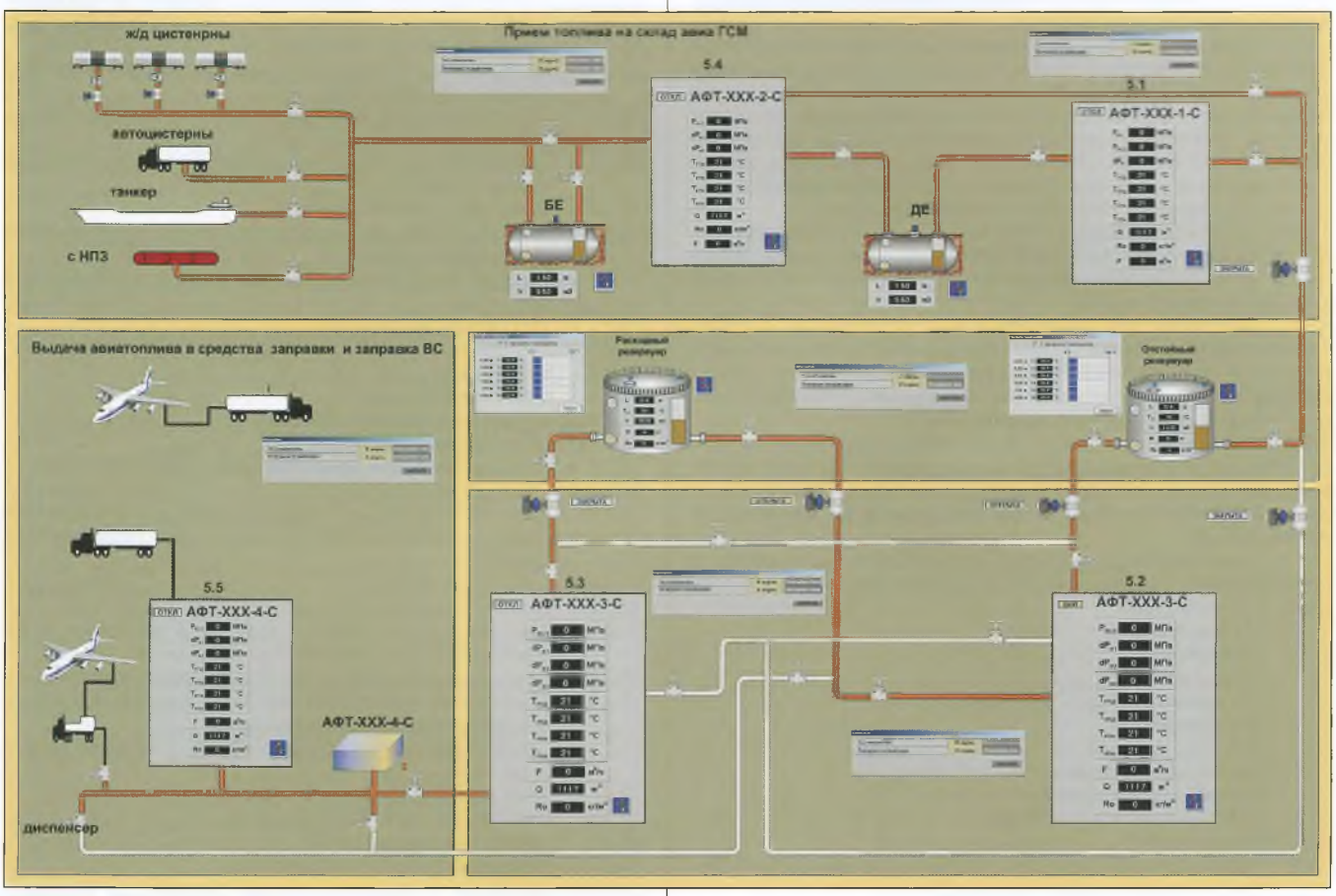
Пути решения знают в коммерческих структурах прекрасно. Нужно только понимание наличия проблемы и желание её решить.

Ассоциация ОАТО ВС ГА, может лишь обратить внимание коммерческих структур на существование проблемы.

И последнее. О тендерах на закупку оборудования.

Самая главная проблема тендеров заключается в том, что Заказчик не представляет, что заказывает и где это можно заказать. При всей широте информации и узости рынка предложения. Эта проблема, как следствие двух предыдущих.

На таких непроработанных тендерах фигурируют во главе угла два показателя – цена (причём не понятно, за какое оборудование) и сроки изготовления. При этом ретивые службы безопасности стараются собрать избыточное количество разнообразных документов о поставщике. Особняком стоит глыба коммерческих абсурдов и прочих организационных проявлений.



Мневмосхема склада авиаГСМ

Талаев А.Г.
руководитель центра по сертификации, зам. руководителя ОС НАТ, канд.техн.наук

Селезнева И.Б.
эксперт ОС НАТ, руководитель сектора ИЦ ТС и НАТ

Усачева Н.Н.
эксперт по стандартизации ИЦ ТС и НАТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ формирования корпоративной системы стандартизации и сертификации оборудования авиатопливообеспечения

Корпоративная система стандартизации и сертификации оборудования авиатопливообеспечения и наземной авиационной техники - совокупность нормативных документов и процедур подтверждения соответствия группы специальных технических средств требованиям нормативных документов, признанных сообществом производителей, поставщиков и эксплуатантов в сфере аэропортовой деятельности.

Совершенно очевидно, что формирование корпоративной системы стандартизации и сертификации оборудования авиатопливообеспечения должно быть ориентировано на решение проблем обеспечения безопасности полетов воздушных судов при условии четкого соблюдения регламентируемой Федеральными авиационными правилами технологии авиатопливообеспечения, предусматривающей использование современных и конкурентоспособных технических средств.

Процедуры методологии формирования системы должны обеспечивать возможность гибкого реагирования на динамически изменяющиеся требования производителей и потребителей оборудования авиатопливообеспечения, с учетом специфических условий организации авиатопливообеспечения в конкретном авиапредприятии, ТЗК, службе ГСМ; номенклатуры обслуживаемых воздушных судов; квалификации персонала и уровня технического состояния используемых технических средств.

Таким образом, создаваемая система должна не только отражать общие требования действующей технологии авиатопливообеспечения, но и оперативно реагировать на реализацию требований конкретных потребителей.

При этом суть существования корпоративной системы стандартизации и сертификации оборудования авиатопливообеспечения - стимулировать предприятия к выпуску технических средств, отвечающих требованиям безопасности, функциональной применимости и охраны окружающей среды.

Такие требования могут быть изложены в корпоративном стандарте - стандарте организации (по терминологии ФЗ «О техническом регулировании»), нормативном документе **Ассоциации организаций авиатопливообеспечения воздушных судов гражданской авиации.**

Содержание указанного нормативного документа, в соответствии с требованиями ГОСТ 1.5-2001, можно представить следующим образом:

1 Титульный лист
2 Предисловие
3 Содержание*
4 Введение*
5 Наименование
6 Область применения
7 Нормативные ссылки*
8 Термины и определения*
9 Обозначения и сокращения*
10 Требования
10.1 Классификация, основные параметры и (или) характеристики оборудования
10.1.1 Типаж оборудования с классификацией по основным эксплуатационным (потребительским) характеристикам
10.1.2 Основные параметры, характеризующие типаж оборудования
10.1.3 Общие компоновочные схемы
10.1.4 Схемы принципиальные (гидравлические, пневматические, электрические)
10.1.5 Правила записи условного обозначения оборудования
10.1.6 Требования к технической документации, ее исполнению, комплектации, обозначению стадии конструкторской разработки.
10.2 Общие технические требования
10.2.1 Требования назначения
10.2.2 Конструктивные требования
10.2.2.1 Конструктивное исполнение составных частей
10.2.2.2 Конструкционные материалы и покрытия, в том числе ограничения в их применении
10.2.2.3 Использование унифицированных узлов и агрегатов
10.2.2.4 Доступность к отдельным составным частям оборудования и их защищенность
10.2.2.5 Обеспеченность правильности монтажа и сборки составных частей
10.2.2.6 Требования к применяемым материалам и комплектующим изделиям
10.2.2.7 Требования технологичности
10.2.2.8 Требования к маневренности подвижных и передвижных технических средств
10.2.3.9 Требования устойчивости к внешним воздействующим факторам
10.2.2.10 Требования эргономики
10.2.3 Комплектность
10.2.4 Маркировка
10.2.4.1 Место маркировки
10.2.4.2 Способ нанесения маркировки
10.2.4.3 Содержание маркировки
10.2.4.4 Сигнальная окраска и нанесение знаков безопасности
10.2.5 Упаковка
10.2.5.1 Правила подготовки оборудования к упаковыванию (включая консервацию) с указанием применяемых средств
10.2.5.2 Транспортная тара
10.2.5.3 Количество продукции в транспортной таре
10.2.5.4 Способы упаковывания продукции в зависимости от условий транспортирования (в таре, без тары и т.п.)
10.2.5.5 Порядок размещения и способ укладывания продукции
10.2.5.6 Перечень документов, вкладываемых в тару при упаковывании, и способ их упаковывания
10.2.5.7 Применение транспортных пакетов, контейнеров или поддонов
10.3 Требования безопасности
10.3.1 Требования электробезопасности
10.3.2 Требования пожарной безопасности
10.3.3 Требования взрывобезопасности
10.3.4 Требования безопасности при выполнении функциональных операций
10.3.5 Требования безопасности от воздействия химических и загрязняющих веществ, в том числе предельно допустимые концентрации веществ или входящих в него компонентов
10.3.6 Требования безопасности при обслуживании машин и

* приводятся в нормативном документе при необходимости, исходя из особенностей его содержания и изложения

оборудования, в том числе при ошибочных действиях обслуживающего персонала и самопроизвольном нарушении функционирования
10.3.7 Требования к защитным средствам и мероприятиям обеспечения безопасности
10.4 Требования охраны окружающей среды
10.5 Правила приемки
10.6 Методы контроля и испытаний
10.6.1 Средства контроля, средства измерения и испытательное оборудование
10.6.2 Порядок подготовки к проведению контроля и испытаний
10.6.3 Порядок проведения контроля и методы испытаний
10.6.4 Правила обработки результатов контроля и испытаний
10.6.5 Правила оформления результатов контроля и испытаний
10.6.6 Методика испытаний с обоснованием допустимых погрешностей
10.7 Транспортирование и хранение
10.7.1 Транспортирование
10.7.2 Место хранения
10.7.3 Условия хранения
10.7.4 Условия складирования
10.7.5 Специальные правила и сроки хранения
10.8 Указания по эксплуатации
10.9 Утилизация
10.10 Гарантии
11 Приложения
12 Библиографические данные

Анализ структуры содержания стандарта показывает, что в разрабатываемом документе должна быть приведена конкретная и детальная информация о конструктивных, функциональных и потребительских свойствах оборудования; требования безопасности; методы испытаний; правила приемки, маркировки, упаковки, транспортировки, хранения и утилизации оборудования.

Некоторые корпоративные системы в области авиатопливообеспечения (и их документы), имеющие формально национальную принадлежность, на определенном этапе своего существования получили международное признание и распространение. Корпоративный стандарт Ассоциации организаций авиатопливообеспечения воздушных судов гражданской авиации должен включить в себя все лучшее, что есть в нормативной базе этих систем и учесть достижения международной стандартизации. В связи с этим, для обеспечения безопасности полетов воздушных судов, стандарт должен быть гармонизирован с основными требованиями, регламентируемыми следующими международными нормами и правилами в гражданской авиации:

Спецификации (стандарты) Американского нефтяного института (API) и Института нефти Великобритании (IP):

API 1529: Стандарт API для авиатопливных шлангов;
API/IP 1581: Спецификации и технологии. Фильтры-сепараторы авиационного реактивного топлива;
API 1582: Спецификация, касающаяся сходства API/IP 1581 фильтров-сепараторов авиационного реактивного топлива;
API 1583: Спецификации и технологии. Фильтрующие гидромониторы с элементами абсорбирующего типа для авиационного топлива;
API 1584: Стандарт API для узлов, деталей и монтажа системы четырехдюймового гидранта.

Спецификации и стандарты API (API Spec... и API Std...) широко применяются в России с 1924 года. Начиная с 60-х годов спецификации API/IP стали использоваться при проверке и внешнем аудите аэропортов на соответствие требованиям заправки воздушных судов зарубежных авиакомпаний.

Документы Международной Ассоциации Воздушного транспорта (IATA):

1. Руководство по контролю качества авиационного топлива и технологиям работ для совместных служб заправки воздушных судов топливом, разработанное Совместной Инспекционной Группой в составе компаний: ENI, BP, Chevron Texaco, Exxon Mobil, Shell, Statoil, Total, Kuwait Petroleum.

Рекомендации и требования указанного руководства используются при организации и разработке технологии авиатопливообеспечения и проведения внешнего аудита в авиапредприятиях, начиная с 2001г. (JIG-1, издание 8, затем издания 9 и 10).

2. Руководство по обслуживанию воздушных судов в аэропорту. Части 3 и 4 «Технические требования к оборудованию для наземного обслуживания в аэропорту», в т.ч.:

AHM 910 Основные требования к наземному оборудованию для обслуживания и обеспечения воздушных судов;
AHM 913 Основные требования по безопасности оборудования по наземному обслуживанию воздушных судов;
AHM 914 Совместимость наземного оборудования с типом воздушного судна;
AHM 915 Стандартные системы управления;
AHM 952 Функциональная спецификация самоходного транспортного средства для перевозки топлива

Практическое использование указанных правил в России рекомендовано с 1999г. после официального их перевода фирмой «Транспроект».

Технические стандарты добровольного применения Международной организации по стандартизации (ISO)

В России указанные стандарты издаются и внедряются с обозначением ГОСТ Р ИСО и в основном используются при сертификации систем менеджмента качества (версия ISO 9001); экологического менеджмента (версия ISO 14000) и безопасности труда при различных видах деятельности.

В настоящее время качество выпускаемого оборудования авиатопливообеспечения на предприятии-изготовителе оценивается по ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Требования» и ГОСТ Р 40.003-2008 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем менеджмента качества на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001-2008».

Стандарты Комитета по Стандартизации (CEN)

Стандарты CEN имеют обозначение EN (с индексацией при необходимости страны - DIN EN, BS EN и т. д.), применяются в зоне Европейского Экономического Сообщества и в странах Европейской Ассоциации свободной торговли.

Наибольший интерес для гармонизации при разработке корпоративных стандартов представляет DIN EN 12312 Наземные средства обеспечения полетов. Особые требования. Часть 5 «Средства заправки воздушных судов».

Следовательно, предложенные методические основы разработки стандартов Ассоциации организаций авиатопливообеспечения воздушных судов гражданской авиации позволяют сформировать фонд нормативных документов, признанных всем сообществом специалистов авиатопливообеспечения в гражданской авиации при проектировании, изготовлении, испытаниях, эксплуатации и сертификации оборудования авиатопливообеспечения отечественного и импортного производства.

Процедуры разработки указанного нормативного стандарта регламентируются ГОСТ 1.5-2001 и ГОСТ Р 1.5-2004 и приведены на схеме:

Тимиркеев Р.Г., Начальник НИС ОАО «НИАТ» д.т.н., профессор

Миненков А.А., Начальник НИЛ ОАО «НИАТ» к.т.н.

Павлов А. В. ведущий инженер ОАО «НИАТ», к.т.н..

Трушин О.И., инженер-технолог ОАО «НИАТ», аспирант

Франков С.В. инженер-технолог ОАО «НИАТ», аспирант

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ЧИСТОТЫ АВИАЖИДКОСТЕЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМИ ПРИБОРАМИ.

Согласно требованиям ГОСТ 10577 массовая доля загрязнений авиатоплив и гидрожидкостей перед заправкой ВС не должна превышать 2 г/т (0,0002% массы), что соответствует 6...7 классам чистоты по ГОСТ 17216 при анализе гранулометрического состава загрязнений. Хотя контроль по гранулометрическому составу загрязнений и более трудоемкий, но дает основания для интерпретации результатов, а также позволяет увеличить точность, стабильность и достоверность контроля. В отечественной промышленности применяются оптико-электронные приборы типа ПКЖ-904, ПОТОК-905, ФС-152 и др. для контроля чистоты рабочих жидкостей с автоматизированным счетом количества частиц загрязнений в гостированной пробе объемом 0,1 литра. Хотя указанные приборы основаны на единых физических принципах измерения и анализа по амплитуде и временному интервалу отраженного или затененного луча света от твердых частиц загрязнений, но из-за различных методик тарировки, на различных эталонных частицах, из-за конструктивных особенностей счетной зоны возникают трудности интерпретации результатов. До настоящего времени нет результатов сравнительных испытаний указанных приборов. Эти факты объясняются также отсутствием методики оценки основных метрологических параметров (приборной погрешности, надежности и достоверности измерений). Предлагаемая методика определения основных метрологических параметров (точность, надежность и достоверность) основана на обработке статистических данных, на базе математического аппарата дисперсионного анализа однофакторных дисперсионных комплексов указанных количественных признаков.

Чистота жидкостей по ГОСТ 17216-2001 определяется числом частиц по 6-ти размерным фракциям: 5…10, 10…25, 25…50, 50…100, 100…200, более 200 мкм в пробе объемом 0,1 л. Так как распределение мелких твердых частиц подчиняется логнормальному закону, то для классов чистоты с 3-его по 12-тый математическим ожиданием, определяющим общий класс пробы является класс фракции 10...25 мкм, а отклонение классов других фракций определяет погрешности контроля.

Теоретически, основная трудность организации комплекса и его эффективность в оценке количественных признаков заключается в выборе основного (одного) фактора в изучаемом событии и диапазона его изменения по градациям.

При организации комплекса при контроле чистоты жидкостей в качестве одного основного фактора обосновано принять число частиц одной фракции, фракции 10…25мкм, а градациями будут отдельные анализируемые пробы, причем штучную концентрацию в пробах необходимо изменять в физически оправданном диапазоне.

При организации однофакторного комплекса необходимо исключить влияния других факторов, то есть эталонировать в данном случае материал и форму твердых частиц, а также распределение числа частиц по размерам.

Для решения последних задач следует в качестве эталонных загрязнителей использовать калиброванные шлифовальные порошки с достаточно высокой монодисперсностью. Например, шлифовальные порошки электрокорунда марки 7Б (ГОСТ 3647-71) с зернистостью №4 имеют средние размеры частиц в пределах 10 – 25 мкм, на которые приходится 60 - 65 % массы, а форма порошков от сферичности изменяется лишь в пределах не более 20 %, а распределение числа частиц по размерам у шлифовальных порошков и твердых частиц по ГОСТ 17216 так же одинаковы. Для заводских условий можно применять реальные загрязнения. В этом случае погрешности контроля загрязнений будут меньше, чем полученные на эталонных загрязнителях.

Искусственные загрязнители, используемые по данной методике, позволяют вести сравнительные испытания имеющихся приборов.

Для оценки научно обоснованного диапазона изменения штучной концентрации в пробах учтем следующие обстоятельства.

Количество (штучная концентрация) частиц N в соседних классах чистоты N1 и N2 по ГОСТ 17216 разняться в 2 раза, поэтому допустимая относительная погрешность $[\varepsilon]$ регистрации класса по одной размерной фракции будет равна:

$$[\varepsilon] = \frac{\sigma}{N_1} = \frac{1}{d}\left(\frac{N_2 - N_1}{N_1}\right) = 0{,}4, \qquad (1)$$

где - среднее квадратическое отклонение; $d = 2{,}54$ – при надежности оценки $\alpha = 0{,}9$ является табличным коэффициентом оценки по размаху $N_2 - N_1$ в формуле (1).

Как обычно при точечных измерениях, ошибки измерений штучной концентрации, подчиняются нормальному закону $\Phi(z)$, где z_α квантиль функции Лапласса-Гаусса. При симметричных границах относительно математического ожидания (среднего класса чистоты $\bar{Y}$)

$$\Phi\left\{\frac{Y-\bar{Y}}{\sigma}\right\} = z_\alpha \text{ , отсюда } \quad Y - \bar{Y} = 2 \cdot z_\alpha \cdot \sigma \qquad (2)$$

При надежности оценки $\alpha = 0{,}95$, окончательно будет

$$Y - \bar{Y} = 2 \cdot 2{,}6 \cdot 0{,}4 \sim 2 \text{ класса} \qquad (3)$$

Таким образом для организации дисперсионного комплекса штучная концентрация эталонных порошков–загрязнителей в пробах-градациях должна использоваться в соотношении как:

1:2:4.

Такие пробы легко приготовить в химически чистой емкости объемом 0,3 л. Засыпать в эту емкость 12 – 15 мГ эталонного порошка и залить чистую эталонную жидкость, например гидрожидкость АМГ-10А. Разлить эту концентрированную жидкость по трем колбам по 0,1 л, затем во вторую пробу долить 0,1 л, а в третью пробу долить 0,3 л чистой жидкости. Из указанных колб

после тщательного перемешивания отобрать 3 контрольные пробы-градации по 0,1 л.

В качестве разбавителя следует использовать ту же чистую, дважды профильтрованную через лабораторные ацетатцеллюлозные фильтры №4 с размерами капилляров 0,8…1,2 мкм эталонную жидкость.

Подготовленные указанные три пробы необходимо проливать через (проверяемый) прибор контроля чистоты по 3…5 раз, записывая результаты измерений в первую строчку таблицы №1. по 3-м градациям.

Математическая обработка дисперсионного комплекса позволяет получить три независимых дисперсии:

- факториальную межгрупповую дисперсию $C_x = \sum n\,(M_r - M_\Sigma)^2$;
- случайную внутригрупповую дисперсию $C_z = \sum (N_r - M_r)^2$;
- общую дисперсию $C_y = \sum (N_r - M_\Sigma)^2$;

Здесь N_r – число частиц размерной фракции10…25 мкм; M_r – частное среднее по отдельным пробам число частиц; M_Σ – общее среднее число частиц; r – номера проб с различной концентрацией.

Исходя из математического определения дисперсий, составим их соотношения, определяющие их физический смысл для оценки метрологических характеристик. Имеем:

- $\frac{C_z}{C_y} = \varepsilon^2_{ср}$ – теоретически определяет влияние случайных факторов на общий результат, что в данном случае фактически определяет приборную погрешность;
- $\frac{C_x}{C_y} = \alpha^2_{пр}$ – теоретически определяет вероятность (надежность) распознавания (регистрации) изучаемого фактора (количество эталонных частиц) из общего количества частиц всех размерных фракций и электронных шумов измерительной системы прибора;
- $\frac{C_x}{C_z}$ – определяет соотношение неслучайных и случайных факторов, т. е. в данном случае формализует требования метрологии приборного контроля, когда неслучайные (приборные) погрешности значительно, в 1,5…3 раза, должны превышать случайные;
- Достоверность полученного результата анализа теоретически определяется по табличным значениям стандартного F и модернизированного Φ критериев Фишера, которые вычисляются по формулам:

$$F = \frac{C_x}{C_y} \cdot \frac{\sum n - \sum r}{\sum r - 1}, \text{ и } \Phi = \frac{\alpha^2_{пр}}{m^2_\alpha} \qquad (4)$$

где m^2_α - погрешность оценки надежности α измерений, и рассчитывается как:

$$m^2_\alpha = \left(1 - \alpha^2_{пр}\right) \frac{\sum r - 1}{\sum n - \sum r} \qquad (5)$$

где Σn - сумма всех измерений; Σr - сумма принятых градаций (проб).

Достоверность β измерений находится по таблице [2], с учетом рассчитанных критериев Φ или F, и с учетом числа степеней свободы ν_1 и ν_2 равных:

$$\nu_1 = \sum r - 1 \text{ и } \nu_2 = \sum n - \sum r \qquad (6)$$

Значения достоверности β в таблице [2], даются при разных значениях порога достоверности, равных

0,6; 0,8; 0,9; 0,95; 0,99.

Значение $\beta \leqslant 0{,}6$ считается недостаточным для приборных измерений. Значение $\beta < 0{,}8$ является граничным, но приемлемым. Значение $\beta \geqslant 0{,}99$ является приемлемым только при измерениях обычно нестабильных, сильно вариабельных по физической природе факторов, так как сглаживается влияние факториальных (измеряемых) и случайных факторов.

Для облегчения проведения расчетов, в том числе и с применением ЭВМ, вводятся подсобные величины:

- частные вспомогательные числа $H_r = \frac{(\sum N_r)^2}{n_r}$
- их сумма $\sum H_r$;
- общее вспомогательное число $H_z = \frac{\sum (\sum N_r)^2}{\sum n_r}$.

С учетом этих вспомогательных величин вышеуказанные дисперсии легко рассчитывать как:

$$C_x = \sum H_r - H_z;\ C_z = \sum N_r^2 - \sum H_r;\ C_y = \sum N_r^2 - H_z \qquad (7)$$

Результаты лабораторных испытаний при промывке на приборе ПОТОК-905 подготовленных трех проб с ранее указанным искусственным загрязнением и обоснованным выбранным соотношением штучных концентраций как 1:2:4 или с разницей в классах до 4 позволили найти следующие метрологические характеристики (таблица №1):

- приборная погрешность ε =0,39 при надежности измерений α = 0,91±0,18;
- достоверность измерений в пределах β = 0,6…0,8;
- превышение приборных погрешностей над случайными λ = 2,32;

Все метрологические показатели укладываются в требуемые пределы, рассчитанные в формулах (1) и (2).

Таким образом, представленная методика, позволяет в условиях серийного производства без периодической отправки приборов изготовителю для проверки, определять метрологические параметры оптико-электронных приборов контроля чистоты жидкости.

Полученные результаты статистической обработки комплекса (табл. №1) подтверждают разработанную в ОСТ 1.41.144-2006 методику аттестации общего класса чистоты жидкостей по классу фракции 10…25 мкм с размахом не более 4 в классах остальных 5-ти фракций, как показано в формуле (3).

При увеличении числа градаций и числа контролируемых размерных фракций данная методика может использоваться также и для проведения поверки приборов с занесением полученных метрологических показателей в паспорта приборов.

Достоинством данной методики является то, что она позволяет получить единообразную интерпретацию результатов измерения таких сложных объектов как измерения мелкодисперсного состава рабочих жидкостей.

Таблица 1. Алгоритм дисперсионного анализа однофакторного комплекса для количественных признаков (числа частиц) при искусственном регулировании штучной концентрации в соотношении как 1:2:4

№	Параметр	Номера проб с различной концентрацией (градацией), r			Вычисления
		1	2	3	
1	Число частиц N_r (∅ 10-25мкм)	78; 66; 58; 90	48; 40; 28; 33	28; 16; 31; 18	$\sum r = 3$
2	Число анализов, n_i	4	4	4	$\Sigma n = 12$
3	ΣN_r	292	149	93	$\Sigma(\Sigma N_r)$=534
4	$H_r = \frac{(\Sigma N_r)^2}{n_r}$	$\frac{292^2}{4} = 21316$	$\frac{149^2}{4} = 5550$	$\frac{93^2}{4} = 2162$	ΣH=29028
5	$\Sigma(N_r^2)$	$78^2 + 66^2 + 58^2 + 90^2 = 21904$	$48^2 + 40^2 + 28^2 + 33^2 = 5777$	$28^2 + 16^2 + 31^2 + 18^2 = 2325$	$\Sigma(\Sigma(N_r^2))$=30006
6	Частная средняя $M_r = \frac{\Sigma N_r}{n}$	73	37	23	
7	Общая средняя M_z	$M_z = \frac{\sum\sum N_r}{\sum r} = \frac{534}{3} = 178$			
8	Общее вспомогательное число	$H_z = \frac{\Sigma(\Sigma N_r)^2}{\Sigma n} = \frac{534^2}{12} = 23763$			
9	Факториальная дисперсия точечной оценки	$C_x = \Sigma H_r - H_z$		$C_x = 29028 - 23763 = 5265$	
10	Случайная дисперсия точечной оценки	$C_z = \Sigma(\Sigma(N_r^2)) - \Sigma H_r$		$C_z = 30006 - 29028 = 978$	
11	Общая дисперсия	$C_y = \Sigma(\Sigma(N_r^2)) - H_z$		$C_y = 30006 - 23763 = 6243$	
12	Контроль точности расчетов	$C_y = C_x + C_z$		$C_y = 5265 + 978 = 6243$	
13	Приборная погрешность ε	$\varepsilon = \sqrt{\frac{C_z}{C_y}}$		$\varepsilon = \sqrt{\frac{978}{6243}} = 0{,}39$	
14	Надежность измерения, $\alpha_{пр}$	$\alpha_{пр} = \sqrt{\frac{C_x}{C_y}}$		$\alpha_{пр} = \sqrt{\frac{5265}{6243}} = 0{,}92$	
15	Соотношение приборной и случайной погрешностей, λ	$\lambda = \sqrt{\frac{C_x}{C_z}}$		$\lambda = \sqrt{\frac{5265}{978}} = 2{,}32$	
16	Критерий Фишера, F	$F = \frac{C_x}{C_z} \times \frac{\sum n - \sum r}{\sum r - 1}$		$F = \frac{5265}{978} \times \frac{12-3}{3-1} = 24{,}22$	
17	Числа ν_1 и ν_2 степеней свободы по F	$\nu_1 = \sum r - 1$ $\nu_2 = \sum n - \sum r$		$\nu_1 = 3 - 1 = 2$ $\nu_2 = 12 - 3 = 9$	
18	При критерии F равном 24,22 и числах степеней свободы ν_1=2 и ν_2= 9, β_1	$\beta_1 = \varphi(F; \nu_1; \nu_2) = 0{,}6$			
19	Ошибка в оценке надежности измерений, m_α	$m^2_\alpha = \left(1 - \alpha^2_{пр}\right) \frac{\sum r - 1}{\sum n - \sum r} = (1 - 0.92^2) \frac{3-1}{12-3} = 0{,}033;\ m_\alpha = 0{,}18$			
20	Модернизированный критерий Фишера, Φ	$\Phi = \frac{\alpha^2_{пр}}{m^2_\alpha}$		$\Phi = \frac{0{,}84}{0{,}033} = 25{,}45$	
21	При критерии Φ=25,45 и числах степеней свободы ν_1=2 и ν_2= 9, из таблицы имеем достоверность, β_2	$\beta_2 = \varphi(\Phi; \nu_1; \nu_2) = 0{,}8$			

Список литературы:

1. **Р.Г. Тимиркеев, В.М. Сапожников** Промышленная чистота и тонкая фильтрация рабочих жидкостей летательных аппаратов. М, Машиностроение 1986 г.
2. **Юл.Д. Кендэл.** Теория статистики. М. Госстатиздат, 1960 г.

Тимиркеев Р.Г.
Начальник НИС ОАО «НИАТ»
д.т.н., профессор

Миненков А.А.,
Начальник НИЛ ОАО «НИАТ»
к.т.н.

Трушин О.И.,
инженер-технолог ОАО «НИАТ», аспирант

Франков С.
инженер-технолог С «НИАТ», аспирант

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОМЫВКИ АЗОТИРОВАННЫМ ТОПЛИВОМ ТРУБОПРОВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ АЭРОПОРТОВ.

Для нормального функционирования гидравлических и топливных систем летательных аппаратов наибольшую опасность представляют крупные твердые частицы типа стружки, сколов и т.д., ответственные за аварийные или даже катастрофические ситуации.

В тоже время удаление именно крупных частиц диаметрами более $D > 200$ мкм в технологических процессах промывки указанных трубопроводных систем ЛА и трубопроводов аэропортов представляют наибольшие трудности. Эти факты объясняются как вероятностным характером отрыва и последующего выноса из системы крупных частиц, так и трудностями обеспечения больших расходов жидкости для достижения турбулентного режима течения, в которых только и существуют продольные $\bar{w}$ и поперечные $\tilde{w}$ составляющие средней расходной скорости $w = \bar{w} \pm \tilde{w}$ причем $\tilde{w} = (0{,}1 \ldots 0{,}2)w$.

Рассмотрим гидродинамические условия отрыва и выноса твердых частиц загрязнений потоком жидкости. Движущая сила потока G в данном случае является результатом неупругого взаимодействия турбулентного ядра потока жидкости с твердой частицей. В результате такого неупругого взаимодействия элементарная масса жидкости $\Delta M_{ж}$ изменит свою среднюю расходную скорость с w до скорости движения частицы $w_ч$, т. е. частица движется с относительной скоростью $u_ч = w - w_ч$ Согласно закону сохранения количества движения имеем:

$$\Delta M_{ж}(\bar{w} - w_ч) = G\Delta t$$

где, Δt - время взаимодействия частицы с элементарной массой жидкости.

Элементарную массу жидкости, взаимодействующую с частицей, можно представить в виде:

$$\Delta M_{ж} = \frac{\pi}{4} D^2 \rho w \Delta t$$

Из двух последних уравнений получаем силу, с которой поток действует на транспортируемую частицу

$$G = \frac{\pi}{4} D^2 \rho w u_ч$$

Запишем проекцию действующих на частицу сил на ось потока с учетом силы «Стока» сопротивления движению в виде:

$$\frac{\pi}{6} D^3 \rho_ч \frac{du_ч}{dt} = \frac{\pi}{4} D_ч \rho w u_ч - 3\pi\mu D u_ч$$

где ρ, $\rho_ч$ - плотность жидкости и твердой частицы соответственно, μ - абсолютная вязкость жидкости.

Решение полученного уравнения при начальных условиях $t = 0$; $u_ч = w_ч$, т. е., когда частица еще не увлечена потоком, имеет вид:

$$u_ч = w \exp\left[\frac{t}{\tau_1} - \frac{t}{\tau_2}\right] \qquad (1)$$

где $\tau_1 = \frac{\rho_ч D}{\rho w}$; $\tau_2 = \frac{\rho_ч D^2}{18\mu}$ - соответственно можно рассматривать по теории акад. Г. Лойцянского [1] как время релаксации (достижение 67% значений функции) скорости частиц при разгоне и торможении.

Из решения (1) видно, что в зависимости от значений слагаемых в показателе экспоненты частица может или быть увеличена потоком, когда $u_ч \to 0$ или замедлить свое движение $u_ч \to w_ч$ и выпадает на дно канала.

Из уравнения (1) следует также, что частица движется периодически и скачками, так как случай $t \to \infty$ из-за хаотичного, вихревого и пульсационного движения жидкости в турбулентном потоке практически нереализуем.

Из физического смысла уравнения (1) можно считать транспортировку частиц и их вынос из зоны очистки вероятностным процессом, а потому само движение частиц скачкообразным.

Таким образом, частица одновременно участвует в двух движениях: со скоростью $w_X = \bar{w}$ – в осевом направлении и со скоростью $w_Y = \tilde{w}$ – в радиальном.

Тогда вероятности транспортировки частиц B_{TP} и отрыва B_{OTP} в турбулентном потоке определяются как отношения соответствующих возможных горизонтального и вертикального направлений движений за их время релаксации τ_1 и, τ_2 т. е.

$$B_{TP} = \left[\frac{w_{OC} \cdot \tau_2}{w \cdot \tau_1}\right]; \qquad B_{OTP} = \left[\frac{\tilde{w} \cdot \tau_1}{w \cdot \tau_2}\right]$$

где, $w_X = w_{OC}$ – скорость осаждения частицы данного размера; $w_Y = \tilde{w}$ – поперечная составляющая средней расходной скорости.

В большинстве случайных процессов, когда нет превалирующего фактора, указанные вероятности подчиняются нормальному закону Лапласа-Гаусса. Тогда получаем:

$$B_{TP} = \Phi\left[\frac{w_{OC} \cdot \tau_2}{w \cdot \tau_1}\right] = \Phi\left[\frac{w_{OC} \cdot D}{18\upsilon}\right]; \; B_{OTP} = \Phi\left[\frac{\tilde{w} \cdot \tau_1}{\bar{w} \cdot \tau_2}\right] = \Phi\left[\frac{\tilde{w}}{\bar{w}} \cdot \frac{18\mu}{D}\right]$$

где, υ - кинематическая вязкость авиатоплива.

Расчеты дают для $D = 200$ мкм при ее $w_{OC} = 5 \cdot 10^{-1}$ м/с следующие величины:

$$B_{TP} = \Phi\left|\frac{5 \cdot 10^{-1} \cdot 200 \cdot 10^{-6}}{18 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}\right| \approx \Phi[0{,}2]; \quad B_{TP} \approx 0{,}52$$

При скорости потока $\bar{w} = 0{,}5$ м/с, с учетом значения $\tilde{w} = 0{,}2\,\bar{w}$ для B_{OTP} имеем:

$$B_{OTP} = \Phi\left|\frac{0{,}2 \cdot 0{,}5 \cdot 18 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{0{,}5 \cdot 200 \cdot 10^{-6}}\right| = \Phi[0{,}4]; \; B_{OTP} = 0{,}76 \qquad (3)$$

Таким образом, совместная вероятность будет равна:

$$B_{\Sigma} = 0{,}52 \cdot 0{,}76 \approx 0{,}4.$$

Для частиц $D < 50$ мкм и при прежней скорости потока имеем:

$$B_{TP} = 0{,}9; \; B_{OTP} = 0{,}8; \; B_{\Sigma} = 0{,}9 \cdot 0{,}8 = 0{,}75$$

Отсюда видно, что даже такие простые инженерные расчеты показывают, что для крупных ($D > 100$ мкм) частиц B_{OTP} и $B_{TP} \leq 0{,}5 \ldots 0{,}6$, тогда как $B_{OTP} \geq 0{,}8$ для мелких частиц, а $B_{TP} = 0{,}9$, т. е. их удаление эффективно простой прокачкой.

Таким образом, аналитический анализ совпадает с реальным, практическим опытом, когда затруднено удаление именно крупных частиц.

Теперь оценим наиболее вероятную длину Δl единичного скачка крупных частиц. Учтем, что наиболее вероятное время осаждения крупных частиц как $t_{OC} = {}^{D_{TP}}/_{w_{OC}}$, а время их выноса и скачка пропорционально $t_{TP} = {}^{\Delta l}/_{w}$ тогда наиболее вероятная длина скачка Δl будет равна:

$$\Delta l = \frac{w}{w_{OC}} \cdot D_{TP} \qquad (2)$$

Например, для условий промывки, указанных в [2], для частиц $D = 200$ мкм при скорости потока $w = 0{,}5$ м/с и диаметре трубопровода $D_{TP} = 0{,}2$ м, имеем:

$$\Delta l = \frac{0{,}5}{5 \cdot 10^{-2}} \cdot 0{,}2 = 2\,м$$

Минимальная длина скачка, определяемая в основном времени торможения, для частиц $D = 200$ мкм

$$\Delta l = w \cdot \tau_2 = w \cdot \rho_ч \cdot {}^{D^2}/_{18\mu} = \frac{1{,}0 \cdot 7 \cdot 200 \cdot 200 \cdot 10^{-12}}{18 \cdot 1 \cdot 10^{-5}} \approx 1\,см$$

Таким образом, максимальная длина скачка определяется формулой (2). Полученные результаты позволяют определять важнейший параметр процесса очистки трубопроводных систем методом прокачки, а именно время прокачки.

При рассмотрении процесса транспортировки частиц следует учесть, что такие скачки должны быть пропорциональны частоте пульсаций турбулентного потока, как $f_0 = {}^{w}/_{D_{TP}}$. Тогда за время промывки число частиц совершивших такой скачок через фиксированное сечение [α] будет равно:

$$N_a \cdot \Delta l \cdot B_\Sigma \cdot f_0 dt$$

Число частиц N_b оставшихся от первоначального числа частиц N_0 на длине $L_b = L - L_a$, определяем как:

$$N_0 - N_a = dNL(1 - B_\Sigma)$$

Так как с ростом dt число оставшихся частиц уменьшается, имеем:

$$dNL(1 - B_\Sigma) = -N_0 \cdot \Delta l \cdot B_\Sigma \cdot f_0 dt$$

Решая полученное уравнение при граничных условиях, когда $t = 0;\ N = N_0$, и $t = t;\ N = N_t$ получаем:

$$\frac{N_t}{N_0} = exp\left(-\frac{\Delta l}{L_{TP}} \cdot \frac{B_\Sigma}{1 - B_\Sigma}\right) \cdot f_0 t \qquad (3)$$

Из формулы (3) найдем необходимое время промывки, для чего примем условие, что в последних пробах число частиц $D_Ч \geq 200$ мкм не превышает 2% от их числа в первых пробах. Это условие выполняется, если показатель экспоненты равен 5…7. Поэтому с учетом среднего значения Δl из формулы (2) имеем:

$$t_{TP} = 7\frac{L \cdot w_{OC}}{w^2}\left(\frac{1 - B_\Sigma}{B_\Sigma}\right) = 7L \cdot w_{OC}\frac{D_{TP}^2}{Q^2}\left(\frac{1 - B_\Sigma}{B_\Sigma}\right) \qquad (4)$$

Расчеты при D_{TP} =0,2 м, L=100 м, скорости $\bar{w}$ = 0,5 м/с для $D_Ч$ = 200 мкм и ранее найденной совместной вероятности транспортировки $B_\Sigma = 0{,}52 \cdot 0{,}76 \approx 0{,}4$ дают:

$$t_{TP} = 7\frac{100 \cdot 5 \cdot 10^{-1}}{0{,}5 \cdot 0{,}5}\left(\frac{1 - 0{,}4}{0{,}4}\right) \approx 2100\ с = 35\ мин$$

Тогда для частиц D = 50 мкм и $w_{OC} = 3{,}1 \cdot 10^{-2}$ при тех же условиях имеем:

$$t_{TP} = 7\frac{100 \cdot 3{,}1 \cdot 10^{-2}}{0{,}5 \cdot 0{,}5}\left(\frac{1 - 0{,}75}{0{,}75}\right) = 30\ с = 0{,}5\ мин$$

Из расчетов формулы (4) видно, что с ростом размера частиц резко увеличивается требуемое время промывки.

Эти вычисления позволяют сделать следующие выводы. Из практики известно, что наиболее эффективна промывка при скоростях потока порядка 10-20 м/с, когда вероятность отрыва крупных частиц 200 мкм близка к 0,5. Вероятность отрыва мелких частиц близка к единице уже при скоростях более 0,5 м/с, т. е. эффективность промывки определяется одновременным выполнением условий отрыва и выноса именно крупных частиц. Этот вывод совпадает с выводами теории движения частиц донных насосов, имеющих в основном размеры более 200 мкм, и теории движения пульпы в гидротранспорте [1].

Полученные выше результаты позволяют определить время прокачки в зависимости от длины системы, минимального диаметра трубопровода и расхода жидкости. Однако, если загрязнения имеют достаточно большие адгезионные свойства, тогда $B_{TP} = B_{OTP} = 0{,}1$.

Теоретически для сильно загрязненных смолоподобных продуктов трубопроводов имеем:

$$\left(\frac{1 - B_\Sigma}{B_\Sigma}\right) = 99$$

т. е. время промывки возрастет в 60...300 раз.

Наиболее эффективным способом очистки и промывки топливопроводов и трубопроводных коммуникаций является применение газожидкостных потоков. В частности перспективным является применение азотированного авиатоплива за счет ввода в поток авиатоплива сжатого газа - азота. При этом в зависимости от массы вводимого газа, возможны три различных структурных режима: пузырьковый, снарядный и пробковый. Для целей максимального проявления эффекта флотации требуется мелкодисперсная пузырьковая структура, обеспечивающая плавучесть твердых загрязнений. В этом случае обеспечиваются лучшие условия пожаробезопасности, а также уменьшаются скорости осаждения твердых частиц примесей за счет прилипания флотации к ним газовых пузырьков.

Очень важным является определение оптимальных условий введения сжатого азота в поток авиатоплива в целях обеспечения оптимальной мелкодисперсной структуры и минимального газосодержания (объемной концентрации азота в жидкости), что обеспечивает минимальные объемы дренажа газа в атмосферу на выходе из коммуникаций. Опыты показали, что наибольшая стабильность мелкодисперсионной структуры азотированного топлива достигается при использовании в газификаторе повышенной длины капиллярных мембранных фильтров с размерами пор менее 1 мкм, а азот вводится при акустических колебаниях частотой 6…8 кГц за счет применения оригинального струйного излучателя.

Другой важный фактор режима заключается в определении давления в потоке, которое обеспечивается сохранения мельчайших размеров до 20 мкм газовых пузырьков и недопущения их коагуляции.

Это условие определяется, если нет превышения капиллярного давления $P = {}^{\sigma}/_{D}$ над текущим значением местного давления в потоке, вызванное падением начального давления по длине коммуникации. Это условие можно записать в виде:

$$P^* \geq \frac{L \cdot Re}{64} \cdot \frac{w^2 \cdot \gamma}{D_{TP} \cdot 2q} \leq \frac{25}{D}$$

где, $Re = \frac{\bar{w} D_{TP}}{\nu}$ - число Рейнольдса; q - ускорение силы веса; γ - удельный вес газожидкостной смеси, δ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

Расчеты показывают, что в конце трубопроводной коммуникации не должно быть давления в потоке менее 0,23…0,25 МПа (2.3…2.5 атм).

На рисунке 1 дана принципиальная схема промывки азотированным топливом.

При расходе авиатоплива Q = 1000 л/мин для обеспечения газосодержания в 8-15% при давлении 0,2…0,4 МПа в трубопроводе D_{TP} = 0,2м и L = 200м весовой расход азота составит 36…40 кГ. Эффективность удаления капельной жидкости из дренируемого газообразного азота достигает 98% (по массовой концентрации) при применении сепаратора с хаотичным расположением полых коротких трубочек.

Качество и производительность процесса промывки в сравнении с промывкой простым турбулентным потоком улучшается в 3-4 раза, заметно снижается потребный расход потока, а главное эффективность удаления загрязнений в виде металлической стружки размерами до 6 мм увеличивается в 8…10 раз. Несложная перестройка блок-схемы позволяет вести промывку трубопроводов $D_T \geq$ 250мм в снарядном периодическом режиме течения азотированного топлива, когда эффекты флотации проявляются только по границам газовой пробки, а локально-вихревая турбулентность на торце пробки оказывает наибольшее силовое влияние на отрыв загрязнения. В этом случае безвозвратные потери азота остаются на прежнем уровне, и улучшается эффективность промывки от вязко-текучих, смолоподобных загрязнений. Таким образом, наилучшим способом промывки является комбинация снарядного и пробкового режимов течения азотированного авиатоплива.

Список литературы:

1. **Тимиркеев Р.Г., Сапожников В.М.** Промышленная чистота и тонкая фильтрация рабочих жидкостей летательных аппаратов.
2. **Филиппов С.А., Жиляев О.Н.** Опыт промывки и ввода в эксплуатацию нового участка транспортного топливопровода в аэропорту Домодедово. – Информационный сб. № 4. 2009. Комитет авиа ГСМ.
3. **Сироткин О.С., Плихунов В.В., Пушков В.П., Тимиркеев Р.Г.**: Патент РФ 2 289 482 С1 Способ промывки топливной системы самолета, комплекс и аппарат газонасыщения для его осуществления. Опубликовано: 20.12.2006 Бюл. № 35.

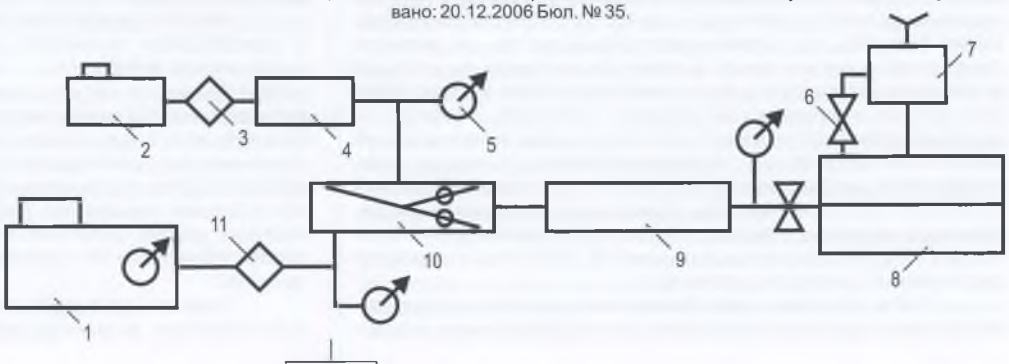


Рисунок 1.

1 – насосная станция;
2 – азотозаправщик;
3 – воздушный фильтр;
4 – узел обеспечения постоянств режимов ввода азота;
5 – манометры;
6 – вентиль;
7 – сепаратор-каплеуловитель;
8 – сборная емкость;
9 – промываемые трубопроводы;
10 – газификатор с мембранной трубкой;
11 – топливный фильтр.

Столяров И. Э.
директор по развитию
ООО «СТАНД»

Богданов А. М.
начальник технического
отдела ООО «СТАНД»

СОВРЕМЕННЫЕ ОГНЕСТОЙКИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Использование огнестойких гидравлических жидкостей на самолетах гражданской авиации отечественной и зарубежной разработки было вызвано существованием жестких требований к пожарной безопасности проектируемых воздушных судов, в т.ч. их гидросистем (АП-25, п.25.863; FAR, part 25, section 863 и пр.). В качестве огнестойких гидравлических жидкостей, применяемых в гражданской авиации, распространение получили гидрожидкости на основе эфиров фосфорной кислоты, как обладающие наибольшей огнестойкостью среди прочих жидкостей на полиальфаолефиновых, полигликолевых и органсилоксановых основах, а также минеральных.

Опыт использования органофосфатных гидравлических жидкостей за рубежом насчитывает более 50 лет, а первая отечественная огнестойкая гидравлическая жидкость НГЖ-4 была применена в конце 1970-х годов, с началом летных испытаний самолета Ил-86. В дальнейшем, в связи с необходимостью улучшения эксплуатационных характеристик жидкостей типа НГЖ, были разработаны НГЖ-4у, НГЖ-5 и НГЖ-5у, использовавшиеся на самолетах Ил-86, Ил-96, Ил-114, Ту-204, Ту-214, а также на самолете Ан-148 на этапе летных испытаний.

В процессе эксплуатации гидросистем самолетов с органофосфатными гидравлическими жидкостями выявился целый ряд недостатков, влияющих на надежность работы г/с ВС, а также небезопасность таких жидкостей для здоровья обслуживающего технического персонала, вопросы утилизации отработанной гидрожидкости, относимой к 2-му классу опасности.

Если сравнивать негорючие гидравлические жидкости с использовавшимися ранее традиционными, на минеральной основе, такими, как АМГ-10, то единственным и решающим преимуществом этих жидкостей над минеральными является только их существенно меньшая воспламеняемость. Негативные аспекты эксплуатации огнестойких жидкостей могут быть связаны, прежде всего, с образованием отложений различной природы в узлах и агрегатах г/с ВС, в т.ч. твердых отложений на торцевых уплотнениях гидронасосов, опасных разгерметизацией уплотнения и возможным разрушением гидронасоса, явлениями электрокинетической эрозии золотниковых дозирующих устройств рулевых приводов системы управления самолетом.

Однако, до настоящего времени, различные исследования в области возможной замены органофосфатных гидравлических жидкостей какими-либо негорючими жидкостями на другой основе не привели к предложению качественной альтернативы, обладающей лучшими эксплуатационными характеристиками при сохранении высоких огнестойких свойств.

Также, современная концепция «электрического самолета», предполагающая вытеснение силовой гидравлической подсистемы и замены ее исполнительных механизмов электроприводными, реализуемая на авиалайнере «Dreamliner» компании BOEING и частично на самолете Ту-204СМ разработки ОАО «Туполев», по мнению ряда специалистов, не является бесспорной ни с точки зрения весовых преимуществ, ни с позиций повышения надежности работы таких механизмов и узлов. Даже при условии реализации на практике операций, связанных с выпуском-уборкой опорных устройств, взлетно-посадочной механизации самолета и торможением колес с помощью электроприводов, их быстродействия недостаточно для управления рулевыми поверхностями ЛА. Предлагаемые ведущими разработчиками варианты перспективных агрегатов систем управления все же предусматривают использование компактных гидравлических контуров в рулевых приводах.

Таким образом, органофосфатные огнестойкие гидравлические жидкости будут использоваться в гидросистемах воздушных судов еще длительное время.

Эксплуатация авиационной техники на российской негорючей гидравлической жидкости выявила ряд упомянутых выше проблем технического характера, приводящих к снижению надежности в работе авиатехники и напрямую влияющих на безопасность полета. Основные нарекания сводились к недопустимому снижению качества рабочей жидкости в процессе эксплуатации и выводу из строя, по этой причине, агрегатов системы управления самолетом, гидравлических насосов и других устройств.

Неоднократные обращения авиакомпаний РФ, эксплуатирующих ВС на отечественной жидкости в адрес разработчиков авиационной техники и комплектующих изделий, а также в Управление надзора за ПЛГ ГВС ФСНСТ и отраслевые институты промышленности, гражданской авиации, вывели обсуждение этого вопроса на межотраслевой уровень.

По итогам совещания, состоявшегося в 2002 году в агентстве «Росавиакосмос» с участием представителей промышленности, органов ГА, было принято Решение по вопросу: «Поддержание надежности и работоспособности гидросистем воздушных судов с рабочей жидкостью НГЖ-5у». П.7. Решения предписывалось *«…разработать необходимый комплекс организационно-технических мероприятий по применению на воздушных судах зарубежных аналогов рабочей жидкости НГЖ-5у…»*.

Другими пунктами указанного Решения предусматривалось реализация шагов, направленных на повышение качества жидкости НГЖ-5у из которых, к сожалению, практически ни один не выполнен до сегодняшнего дня.

Учитывая значительные перерывы в производстве российской гидрожидкости, ее более высокую цену и малое количество современных ВС отечественной разработки, где она может применяться, а также изменившуюся структуру парка ВС российских авиакомпаний с превалированием АТ зарубежного производства, потребление НГЖ-5у практически прекратилось. В настоящее время все ведущие разработчики российской АТ допустили к использованию зарубежные аналоги жидкости НГЖ-5у. Как правило, эксплуатация авиационной техники в авиакомпаниях, обладающих смешанным парком, состоящим из современных российских и зарубежных ВС, проводится с использованием гидравлических жидкостей фирм ExxonMobil и Solutia. В качестве примера можно привести использование гидравлической жидкости Exxon HyJet IV-A^{plus} на всем парке ВС ОАО «Аэрофлот-РАЛ», включающем в себя 75 ВС зарубежного производства и 6-ти отечественных Ил-96-300. В требованиях на поставку самолетов Sukhoi Super Jet авиакомпания также включила указанную жидкость. Использование единой жидкости позволяет авиакомпаниям оптимизировать затраты на техническое обслуживание ВС.

Ряд острых вопросов, связанных с образованием твердых и гелеобразных отложений, быстрым ростом кислотности и коррозионной активностью, а также с явлениями электрокинетической эрозии, характерных для жидкостей ранних поколений, окончательно был решен жидкостями 4-го поколения, такими как Exxon HyJet IV-Aplus и Skydrol LD-4.

Очевидно, что дальнейшее развитие АТ предъявляет более высокие требования и к огнестойким гидравлическим жидкостям с точки зрения повышения ресурса их работы, сохранения на высоком уровне работоспособности агрегатов гидросистем и систем управления ЛА, снижения, тем самым, затрат на эксплуатацию ВС.

Создание огнестойких гидравлических жидкостей нового, 5-го поколения позволило увеличить рабочие температуры и

давления в гидросистемах новых и перспективных образцов АТ. Повысив нагрузки, стало возможным применять более компактные и мощные гидромеханизмы, снижая общий вес узлов и агрегатов гидросистемы ВС для повышения весовой отдачи, ведущего, в итоге, к росту эффективности перевозок.

В настоящее время компаниями, производящими гидравлические жидкости нового поколения, предлагаются жидкости *Exxon HyJet V* и *Skydrol 5*.

Упомянутые рабочие жидкости прошли всесторонние стендовые испытания в компаниях AIRBUS и BOEING в соответствии с собственными методиками, изложенными в спецификациях **NSA 307110** (AIRBUS) и **BMS 3-11** (BOEING). Также завершена их проверка в условиях летной эксплуатации.

В **SIL 29-090** (Service Information Letter) компания AIRBUS указала, что следует отдавать предпочтение гидравлической жидкости Exxon HyJet V для использования на новейшем самолете А380. В документе отмечено, что самолеты А380 поставляются, заправленные гидрожидкостью HyJet V, которая авторизована для работы с повышенными до 5000 psi давлениями и увеличенным сроком службы. Несмотря на формальное разрешение продолжения работы на жидкостях IV типа, компания рекомендует отдавать предпочтение жидкости типа V для всех остальных программ AIRBUS.

Компания BOEING выпустила аналогичное Служебное письмо, касающееся применения жидкости Exxon HyJet V и распространяемое на линейку самолетов Boeing 707, 727, 737, 747, 757, 767, 777. Отмечается, что гидравлическая жидкость обладает улучшенной термоокислительной стабильностью, демонстрирует высокую защиту от явлений электрокинетической эрозии при повышенных до 275°F температурах и совместима со всеми коммерческими гидравлическими жидкостями типа IV и V в любом соотношении. Exxon HyJet V также обладает такой же низкой плотностью, защитой от коррозии и сбалансированными вязкостно-температурными характеристиками, что и гидравлическая жидкость Exxon HyJet IV-A^{plus}.

Согласно **QPL BMS 3-11N** (Qualified Product List of Boeing Material Specification 3-11N) от 10/09/2007 негорючие гидравлические жидкости относятся к следующим типам и классам:

Тип 4, Класс1: HyJet IV-A^{plus}
SkydrolLD-4

Тип 4, Класс2: Skydrol 500B-4 (по **NSA 307110** Appendix **E1** - Qualified Manufacturers and Products - не использовать на линиях производства Airbus и запретить для новых программ).

Следующее поколение:

Тип 5, Сорт А: *HyJetV*

Тип 5, Сорт В: *HyJet IV-A^{plus}*
Skydrol 5
Skydrol PE-5 (этап эксплуатационных испытаний)
Skydrol LD-4

Тип 5, Сорт С: Skydrol LD-4

В соотвествии с **BMS 3-11N**, жидкости классифицируются фирмой BOEING по следующим критериям:

- тип 4, класс1 - жидкости низкой плотности, удельный вес 0,970-1.020
  класс 2 - жидкости высокой плотности, удельный вес 1,021-1,066
- тип 5, сорт А - жидкости, испытанные при повышенных температурах (от 275°F) на насосном стенде и на сопротивление электрокинетической эрозии.
  сорт В- жидкости, испытанные при температурах ниже 275°F на насосном стенде и на сопротивление электрокинетической эрозии. Тест проводится в пределах действующих температурных требований к жидкостям 4-го типа.
  сорт С- жидкости, испытанные при температурах около 250°F на насосном стенде и на сопротивление электрокинетической эрозии при рабочем давлении 5000 psi.

Основа негорючих гидравлических жидкостей представляют собой смесь алкил- и арилэфиров фосфорной кислоты, обеспечивающих оптимальные вязкостно-температурные характеристики и негорючие свойства соответственно. Товарную жидкость получают путем добавления комплекса присадок, выполняющих задачи:

- контроля вязкости
- поглощения «сильных» кислот
- защиты от коррозии
- препятствования окислительным процессам
- противодействия образованию пены
- сброса накапливающегося электропотенциала (для защиты от процессов электрокинетической эрозии).

Ключевым является правильный подбор присадок, первоочередно влияющих на ресурс работы жидкости и отвечающих за нормальное функционирование узлов и агрегатов гидросистемы. Превалирующим процессом, влияющим на деградацию жидкости в процессе ее работы в гидросистеме является *гидролиз*, вызываемый наличием влаги в гидрожидкости и температуры, способствующей ускорению этого процесса. В органофосфатных жидкостях предыдущих поколений уже были решены вопросы пиролитического разложения основы жидкости и обеспечена ее защита от окисления.

Острота вопроса гидролиза связана, в первую очередь с высокой гигроскопичностью эфиров фосфорной кислоты и накоплением влаги в гидрожидкости. Особенно это актуально для самолетов, эксплуатирующихся в регионах с частыми и значительными перепадами температур, высокой влажностью и интенсивными осадками, а также со схемами наддува гидробаков воздухом, отбираемым от компрессоров маршевых двигателей.

В частности, в Maintenance Manual самолета Boeing 747 подчеркивается опасность повышенного содержания воды в жидкости и указано следующее: «… излишнее количество воды в гидравлической системе губительно для нее и может вызвать снижение качества гидравлической жидкости, коррозию узлов и агрегатов, нарушить работу всей системы. Рабочая жидкость может поглощать от 2 до 3% воды. Эксплуатационное ограничение в 0,8% гарантирует термостабильность гидрожидкости и предотвращение образования кислотных соединений. Тяжелые коррозионные повреждения и формирование отложений могут быть вызваны наличием свободной воды, т.е. при содержании воды в жидкости более 3%, вследствие чего может быть вызвана вялая реакция на управляющие сигналы и неравномерное или неуправляемое движение управляющих поверхностей самолета. Для восстановления работоспособности системы, содержащей излишнее количество воды, может понадобиться промывка всей системы и замена всех компонентов, подвергшихся коррозии…».

К этому можно добавить, что свободная вода может вызвать повреждение насосов и обмерзание внутренних узлов гидравлических агрегатов при определенных условиях эксплуатации.

Наиболее склонны к гидролитическому разложению арил- и арил/алкилфосфаты по сравнению с алкилфосфатами. Тем не менее, при повышении температуры, в дополнение к гидролизу запускаются механизмы пиролитического разложения и окислительные процессы, которым способствует также каталитическое действие присутствующих в гидросистеме железа и меди. Во всех случаях вредным побочным продуктом являются производные соединения фосфорной кислоты. Появлению сильных кислот препятствуют эпоксидные присадки, нейтрализующие эти соединения фосфорной кислоты. В основном, ресурс жидкости определяется уровнем «расхода» антиокислительных присадок в процессе эксплуатации. Их практически полная выработка приводит к тому, что начинает резко расти кислотное число. Однако, содержание таких присадок ограничивают, так как они агрессивно воздействуют на уплотнительные материалы и снижают порог воспламеняемости гидравлической жидкости. По этой причине жидкости IV и V типа содержат одинаковое количество эпоксидных присадок.

В условиях реальной эксплуатации происходят процессы: а) непрерывного поглощения влаги из окружающей среды и накопления ее в жидкости; б) периодическая подпитка, при дозаправках, новой жидкостью, в которой содержатся достаточные концентрации «несработанных» присадок-поглотителей для нейтрализации образующихся в результате гидролиза кислот. Фактически, свежая гидравлическая жидкость содержит присадки, позволяющие нейтрализовать продукты гидролиза при содержании около 0,4% воды и жидкость при этом обладает еще достаточно высокой способностью противодействовать образованию кислот. Однако при непрерывном процессе поглощения влаги нередки случаи, когда уровни воды превышают возможности таких присадок, предотвращающих образование кислот. Например, большинство производителей самолетов допускают эксплуатацию до уровней содержания воды в гидрожидкости вплоть до 0,8%. Это основано на ожидании, что высокие уровни сильной кислотности не возникнут до очередного отбора пробы жидкости вследствие нормальной подпитки свежей жидкостью и, как правило, малой скорости гидролиза при умеренных температурах, типичных для гидравлических систем.

Однако, определяющим срок работы жидкости является рост кислотного числа, т.к. его повышение способствует развитию коррозионных повреждений элементов и агрегатов гидросистемы, образованию твердых и гелеобразных органических отложений, нарушающих нормальную работу гидравлической системы. Как

правило, зарубежные производители авиационной техники, рекомендуют замену жидкости при достижении кислотного числа 1,5 мгКОН/г. Российские и некоторые зарубежные разработчики рекомендуют считать предельным значением кислотности 0,5 мгКОН/г. Считается, что серьезные повреждения начинаются с уровня кислотных чисел в 5 мгКОН/г, причем, степень повреждения зависит от величины кислотного числа, продолжительности и температуры воздействия.

Кислотность, замеренная в жидкости из гидросистемы самолета необязательно является «сильной» кислотностью, вызванной разложением эфиров фосфорной кислоты, которая может явиться основной причиной повреждения элементов гидравлической системы самолета. В жидкости также содержатся слабые кислоты (например, карбоновые), образующиеся вследствие разложения присадок в жидкости. Фактически кислотность, измеренная в гидравлических системах самолетов с кислотными числами ниже 1,5 мгКОН/г является следствием содержания главным образом слабых кислот, которые постепенно накапливаются и не нейтрализуются эпоксидными присадками. Принято считать, что слабые кислоты опасности не представляют. Они образуются одновременно с сильными кислотами. Если «сильные» кислоты нейтрализуются присадками, то слабые кислоты склонны к накапливанию. К моменту достижения величины кислотного числа 1,5 мгКОН/г, даже если эта кислотность не является следствием содержания преимущественно сильных кислот, жидкость уже «созрела» для внезапного повышения сильной кислотности, и, следовательно, наступил срок замены жидкости.

В начале 90-х годов ОАО «Ил» и ОАО «Туполев» проводили работы по сертификации самолетов Ил-96Т и Ту-204-120 за рубежом, на соответствие FAR-25. Для удовлетворения требованиям сертификационного базиса FAR-25 в самолетах должны были быть применены сертифицированные по стандарту SAE AS 1241 огнестойкие гидравлические жидкости типа IV, такие как HyJet IV-A, HyJet IV-A^{plus} фирмы «Chevron» и Skydrol LD-4, Skydrol 500B-4 фирмы «Monsanto».

Для определения возможности использования таких жидкостей в гидросистемах самолетов российской разработки, их совместимости с отечественными конструкционными и уплотнительными материалами, работоспособности их смесей с НГЖ-5у ГНЦ РФ ФГУП «ВИАМ» провел обширное исследование указанных жидкостей и их смесей с НГЖ-5у.

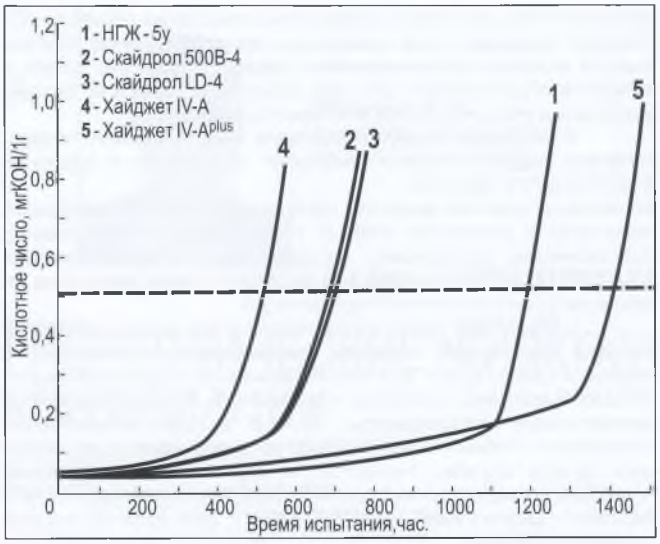
Исследованиями ВИАМ отмечено, что жидкость HyJet IV-A^{plus} аналогична по своим физико-химическим свойствам жидкости НГЖ-5у и гидравлическим жидкостям фирмы «Solutia» (Ex-«Monsanto»), отличается от них в лучшую сторону по показателям гидролитической устойчивости и прогностическому ресурсу работы (Технические отчеты ВИАМ «Исследования и испытания зарубежных аналогов жидкости НГЖ-5у для сертификации самолета Ту-204-120 (Ил-96М), 1996г.»). В заключении отмечается, что все перечисленные жидкости аналогичны по физико-химическим и эксплуатационным характеристикам, воздействию на конструкционные и уплотнительные материалы, и могут применяться в гидросистемах самолетов наравне с жидкостью НГЖ-5у, в том числе в смесях с ней в любом соотношении.

Гидролитическая устойчивость

наименование показателей	НГЖ-5у	Скайдрол 500B-4	Скайдрол LD-4	Хайджет IV-A	Хайджет IV-A^{plus}
1	2	3	4	4	4
Изменение кислотного числа,мгКОН/1г	+1,07	+2,3	+1,86	+0,05	+0,08
Реакция водяного слоя	кислая	кислая	кислая	нейтрал.	нейтрал.
Коррозия меди М-1, мг/см^2	-1,06	-3.19	-1,89	-0,5	-0,02
Изменение вязкости при+50°С,мм^2/с	+0,27	+1,12	+1,68	-0,33	-0,48

Гидролитическая устойчивость. Квалификационный метод. ВИАМ.Определяется по изменению кислотного числа, кинематической вязкости, коррозии медного образца и реакции водного слоя после испытания жидкости в смеси с водой (в соотношении 1:3) при температуре 96°С в течении 48 часов в присутствии в жидкости образца меди.

Как видно из таблицы, исследования показали высокий уровень гидролитической стабильности в жидкостях HyJet IV-A и HyJet IV-A^{plus}.

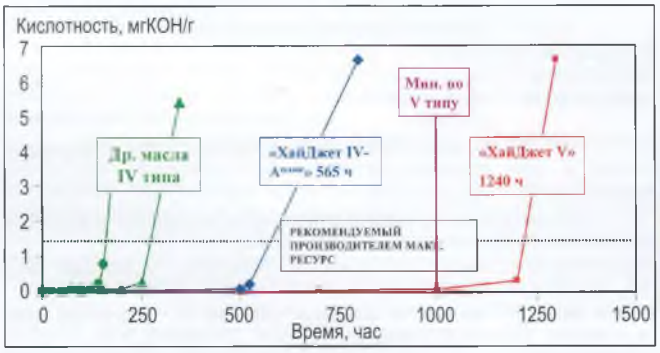


Кинетика изменения кислотного числа жидкостей при ресурсных испытаниях на температурную стабильность при температуре 125°С

Термоокислительная стабильность. Квалификационный метод ВИАМ.

Испытания проводятся в стальных, герметично закрывающихся контейнерах с помещением в испытуемую жидкость металлических образцов. Определяется изменение через определенное время испытаний кислотного числа жидкости, кинематической вязкости, показателя коррозии образцов металлов. Исследования были проведены при температурах 125°С и 150°С.

Результаты теста «Термоокислительная стабильность» для жидкостей типа IV по квалификационному методу ВИАМ могут быть достаточно точно прокоррелированы с данными, полученными компанией ExxonMobil при аналогичном исследовании собственным квалификационным методом. (Испытание проводится в герметично запаянных ампулах, с помещением стальных и медных образцов в жидкость и добавлением 0,5% воды. Поддерживается температура 125°С.):



Срок службы жидкости можно считать одним из основных эксплуатационных критериев, напрямую влияющих на затраты при обслуживании гидросистемы ВС. Однако, учитывая, что от надежной работы гидроагрегатов и рулевых приводов системы управления самолетом непосредственно зависит безопасность полета, стоимость оборудования высока, большое значение имеет работа присадок по защите агрегатов и приводов от электрокинетической эрозии дозирующих кромок управляющих золотников, от коррозионных повреждений, связанных с наличием в жидкости растворенной воды и «слабых» кислот, от образования твердых отложений на торцевых уплотнениях гидравлических насосов, а также от снижения износа.

Вопрос эрозионных повреждений дозирующих кромок распределительных узлов гидромеханизмов и рулевых приводов управления остро проявлял себя вплоть до конца 70-х годов. Вследствие эрозионных повреждений росли утечки гидрожидкости в рулевых приводах, снижалось их быстродействие, отмечались повреждения гидронасосов. Основы всех без исключения органофосфатных жидкостей могут вызывать электрокинетическую эрозию. Причиной этого неблагоприятного явления считается высокая полярность эфиров фосфорной кислоты. В указанный период появились первые эффективные присадки, способствующие снижению электрокинетической эрозии. В первую очередь, они повышали электропроводность, позволяя локально сбрасы-

вать электрический потенциал, накапливаемый жидкостями при больших скоростях течения. Однако, если жидкость не имела надежных присадок, препятствующих образованию поверхностных отложений, служивших диэлектриками в этих условиях, то эффективность работы антиэрозионных компонентов снижалась.

Способность товарной жидкости препятствовать явлению эрозии разработчики авиатехники определяют полунатурными испытаниями на специальных гидравлических стендах с использованием эталонного гидрораспределительного устройства (сервоклапана). Рост расхода жидкости при стандартных перекладках золотникового распределителя и наличие утечек при его закрытом положении свидетельствует о появлении эрозионных повреждений. Приведенный ниже график показывает расход жидкости через откалиброванную дозирующую кромку золотникового распределителя на стенде по методике компании BOEING (BMS 3-11; part 8.9). Условиями проведения испытаний в жидкость добавляется хлорированный растворитель до концентрации хлора 0,02%. Температура жидкости при проведении 500-часовых испытаний составляет 135°C для жидкостей V типа и 107°C для жидкостей типа IV.

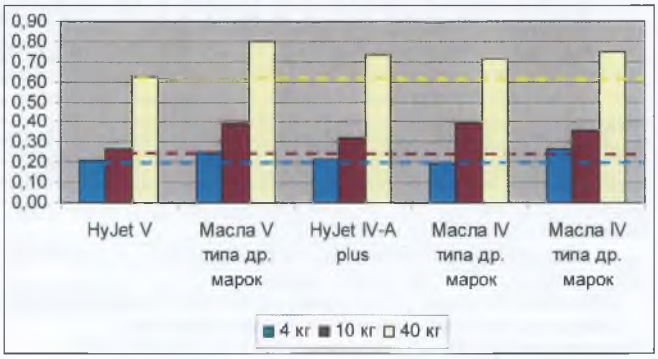
Стабильность расхода жидкости HyJet V после введения 0,2% ТХЭ показывает высокую эффективность работы противоэрозионных присадок, намного превышающую требования BOEING. Компания AIRBUS проводит аналогичные стендовые испытания на агрегатах гидрооборудования пассажирских ВС в течении 1000 часов, при температуре 96°C при концентрации хлора 0,02%.

При попадании в гидросистему значительного количества воды и развития процессов гидролитического разложения рабочей жидкости - образования кислот растет угроза коррозионных поражений стальных элементов гидрооборудования ВС. Исследование противокоррозионных свойств проводится по стандартной методике **ASTM D665A** (10% H2O; T=60°C, 24 часа). Ниже представлены стальные образцы после проведения исследования:

Образование твердых органических отложений на торцевых уплотнениях гидравлических насосов приводит, как правило, к потере герметичности уплотнительного узла, снижению производительности насоса и появлению, впоследствии, внутренних и дренажных утечек жидкости, перегреву насоса, а в некоторых случаях к его разрушению с потерей жидкости из системы. Эту часто встречавшуюся ранее, при использовании гидравлических жидкостей II и III типа проблему производители органофосфатных жидкостей разрешили с выходом жидкостей типа IV. Склонность гидравлических жидкостей к образованию твердых отложений на торцевых уплотнениях гидронасосов BOEING исследует на натурном гидравлическом стенде, включающем авиационный гидронасос, резервуар, фильтры, теплообменники, устройства управления и измерительное оборудование. Испытание проводится в течении 500 часов циркуляцией рабочей жидкости при давлении 3000 psi, температуре 121°C для жидкостей типа IV и температуре 135°C для жидкостей типа V. При этом контролируются основные физико-химические параметры жидкости, уровень износа и наличие отложений.

Гидравлическим жидкостям типа V, успешно прошедшим испытание на насосном стенде BOEING и испытание на защиту эталонного сервоклапана от электрокинетической эрозии при повышенных до 135°C температурах, присваивается ***«сорт А»***. Прошедшим только одно испытание – ***«сорт В»*** (см. квалификационный перечень **QPL BMS 3-11N**).

Противоизносные свойства гидравлических жидкостей определяют на ЧШМ по стандартной методике ASTM D 4172 (продолжительность 1 час, 800 об/мин, T=75°C при трех вариантах нагружения: 4 кгс, 10 кгс и 40 кгс). Диаметр пятна износа (мм):



Подводя итог, можно отразить следующее:

- На современных магистральных воздушных судах не используются и не могут быть использованы минеральные гидравлические жидкости. (очень ограниченно используются полиальфаолефиновые жидкости соответствующие MIL-PRF-83282 для вертолетов зарубежного производства).
- Нет альтернативы органофосфатным гидравлическим жидкостям с точки зрения огнестойкости. Однако развитие технологий и концепции «электрического самолета» могут привести к снижению ее потребления.
- Несмотря на наличие присущих им некоторых негативных особенностей, современные негорючие гидравлические жидкости избавлены от основных недостатков, существенно затруднявших эксплуатацию АТ с использованием подобных жидкостей ранних поколений.

Козлов А. Н.
к.т.н. доцент
МГТУ ГА

Лебедев О.А.
к.т.н., ст. научный сотрудник
ЦС авиаГСМ ГосНИИ ГА

АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.

В начале 50-тых годов прошлого века ГосНИИ ГА была разработана и принята на эксплуатацию в качестве единой рабочей жидкости для военной и гражданской авиации жидкость под маркой АМГ-10 (авиационное масло гидравлическое, вязкость при 500С не менее 10 сСт).

Основными проблемами, которые стояли и решались применительно к АМГ-10 были следующие :

- расширения сырьевых источников получения спецдистиллята;
- совершенствование технологии получения основы;
- улучшение эсплуатационных свойств.

По **первому направлению** решались вопросы использования для получения из различных нефтей спецдистиллята.

Во **втором направлении** основная проблема, которая требовала решения, это использование для удаления ароматических углеводородов сернокислотной очистки.

Эти проблемы были решены в начале 90 годов, после пуска на Волгоградском МПЗ блока КМ-3 для получения на нем основы масла АМГ-10.

По **третьему направлению** ГосНИИ ГА и рядом предприятий авиационной промышленности были проведены научно-исследовательские работы по улучшению эксплуатационных свойств рабочей жидкости АМГ-10.

Принимая во внимание, что рабочая жидкость АМГ-10 в тот период была единой жидкостью на нефтяной основе для гидросистем воздушных судов гражданской и военной авиации, исследования проводились в двух направлениях, по улучшению механической и термоокислительной стабильности.

В результате этих работ были разработаны следующие модификации рабочей типа АМГ-10:

- АМГ-10А, улучшенная по термоокислительной стабильности в рецептуре которой вместо антиокислительной присадки марки - нафтола была введена антиокислительная присадка фенил - -нафтиламин (Неазон «А» ТУ 6-14-202);
- АМГ-10Б, улучшенная не только по термоокислительной стабильности, но и по механической стабильности. В рецептуре этой жидкости изменена не только антиокислительная присадка, но и загущающая присадка винипол ВБ-2 (ТУ 6-01-744-74), которая имеет загущающую способность в пределах 22-32%, на винипол ВБ-3, который имеет загущающую способность в пределах 18-23% (ТУ 6-01-938-74)

Так же были проработаны пути дальнейшего улучшения механической стабильности рабочей жидкости.

Однако из-за организационных трудностей межведомственного характера результаты этих работ были реализованы частично. В состав масла АМГ-10 была введена присадка «Неазон А», а редакцию ГОСТ 6794-75 «Масло АМГ-10» введен показатель «Стабильность вязкости после озвучивания масла на ультразвуковой установке УЗДН-1 в течение 50 мин., % не более – 45».

В процессе квалификационных испытаний образца масла АМГ-10 в ГосНИИ ГА проводимых в 1991 году было выявлено, что получение основы на блоке КМ-3 проводит к ухудшению противоизносных свойств масла.

В результате было предложено для улучшения противоизносных свойств масла ввести 0,5 % масс присадки трикрезилфосфата (ТКФ).

В 1998 году из-за выхода из строя на блоке КМ-3 ОАО «ЛУКойл-ВНП» выше упомянутого катализатора была прекращена выработка основы АМГ-10 и производство самого масла прекратилось на два года.

В качестве загущающей присадки был использован поливинил–н-бутиловый эфир марки ВБ-2(ТУ650РК05600294-21-95), производство которого было налажено на территории России Нижегородским ОАО «Оргсинтез».

Рецептура предложенного масла АМГ-10:

- Винипол ВБ-2(ТУ650РК05600294-21-95) – не более 9,0% масс.;
- Присадка Неазон «А» (ТУ 2-14-202-74) - в пределах) 0,30 – 0,35% масс.;
- Краситель, жирорастворимый темно красный «Ж» марки «Ж» (ТУ 6-14-37-80), не более 0,01% масс;
- Присадка трикрезилфосфата (ТКФ) (ГОСТ 5728) - 0.5 % масс.;
- Основа масла АМГ-10 (ТУ 38.301-29-21-92) до 100 %.

1. Требования нормативно-технической документации по условиям эксплуатации АМГ-10 в гидросистемах отечественных воздушных судов (ВС) гражданской авиации.

На начальном этапе эксплуатации рабочей жидкости АМГ-10 были установлены следующие критерии ее работоспособности: вязкость кинематическая не менее 8 сСт. при 500°С, чистота отсутствие металлических частиц при фильтровании через замшу.

В последующем перечень контролируемых показателей был расширен и по этим показателям были установлены нормы (см. табл. 1)

Таблица 1
Требования нормативно-технической документации по контролю качества и чистоты АМГ-10 в процессе эксплуатации в гидросистемах отечественных ВС.

Тип ВС Наименование показателей	Ту-134	Ту-154	Ту-154м	Ан-74
1. Кинематическая вязкость при плюс 50 °С, сСт, не ниже	7,05	7.9	7,05	7,0
2. Кислотное число мг КОН на 1 г. жидкости, не более	0,15	0,15	0,15	0,15
3.Содержание воды, %, не более	0,03	0,03	0,03	0,03
4. Температура вспышки, °С, не ниже	90	90	90	90
5.Чистота:				
- класс по ГОСТ 17216, не грубее	14		12	13
- допускается определение весовым методом по ГОСТ 10577, %, не более	0,008	0,008	0,0032	

2. Фактические данные изменения физико-химических показателей, полученных при проведении эксплуатации под наблюдением АМГ-10 в гидросистемах ВС гражданской авиации.

Обобщение результатов исследований физико-химических показателей качества проб работавшей жидкости АМГ-10 показал:

- кинематическая вязкость жидкости в гидросистемах самолетов Ил-62, Ил-18, Ан-24, Ан-124 и вертолетах снижается незначительно. Процент снижения вязкости составляет порядка 10-15% от первоначального значения.
- в гидросистемах самолетов Ту-134, Ту-154, Як-40, Як-42 наблюдается интенсивное снижение кинематической вязкости жидкости, которая за 50 часов эксплуатации достигает первоначально установленной нормы – 8 сСт. При 50°С.

Анализ изменения других физико-химических показателей качества работавшей жидкости АМГ-10 (кислотное число,

температура вспышки, содержание воды) показал, что эти показатели изменяется незначительно и находятся в пределах установленных норм. Дополнительно проводились испытания на термоокислительную стабильность и коррозионную активность. Результаты показали достаточный запас качества по этому показателю.

Первоначально норма по снижению вязкости была установлена - не ниже 8,0 сСт при 50°С. По результатам исследований ГосНИИ ГА она была уточнена 6,7 сСт при 50°С,.несмотря на понижение нормы сроки службы АМГ-10 до замены в гидросистемах самолетах различны. (см. табл 2).

Таблица 2
Срок службы масла АМГ-10 в гидросистемах отечественных самолетов

№	тип самолёта	срок службы масла АМГ-10 в гидросистемах, час.
1	Ту-154	300
2	Ту-134	750
3	Як-40	400
4	Як-42	400
5	Ил-18	5000
6	Ил-62	6000
7	Ан-24	5000

3. Анализ опыта применения зарубежных аналогов масла АМГ-10 в гидросистемах отечественных самолетов гражданской авиации.

Результаты оценки изменения физико-химических показателей качества работавшей жидкости Гидроникойл FH-51 (Фирма НИКО Франция).

Прекращение в 1998 г. производства АМГ-10 поставило гражданскую авиацию в очень тяжелое положение. Авиационными властями в этих условиях было принято решение провести работы по подбору и проведению подконтрольной эксплуатации гидравличекой жидкости западного производства в целях её внесения в качестве основного сорта наравне с АМГ- 10. В качестве объекта исследований была выбрана жидкость **Гидроникойл FH-51** (Фирма НИКО Франция) отвечающая требованиям спецификации MIL-H-5606F.

В процессе проведения эксплуатации под наблюдением производился отбор проб жидкости Гидроникойл FH-51 из гидравлических систем подконтрольных ВС. Пробы направлялись ЦС авиаГСМ ГосНИИ ГА, где исследовались по следующим физико-химическим показателям: кинематическая вязкость - по ГОСТ 33; кислотное число - по ГОСТ 5985; температура вспышки - по ГОСТ 4333; содержание воды -по ГОСТ 2477; содержание механических примесей - по ГОСТ 10577;

- **в отдельных пробах определялись** противоизносные свойства (диаметр пятна износа) - по ГОСТ 9490. За время эксплуатации под наблюдением в ЦС авиаГСМ поступило и было проанализировано порядка **400 проб работавшей жидкости Гидроникойл FH-51**.
- **Эксплуатация под наблюдением жидкости Гидроникойл FH-51 проводилась в гидросистемах самолетов Ту-154, Як-42 и вертолетах Ми- 8.**

Переход на жидкость **Гидроникойл FH-51** самолетов Ту-154 проходил в процессе капитального ремонта, т.е. **замена была произведена в максимально возможном объёме.**

Переход на применение **жидкости Гидроникойл FH-51 парка самолетов Як-42** (11 бортов) **и парка вертолетов Ми-8** (20 бортов) осуществлялся методом дозаправки. Общий налет самолетов Як-42 за время эксплуатации составил 34340 часов и 16288 посадок. Суммарная наработка жидкости FH-51 и ее смесей с АМГ-10 составила: на 15 вертолетах Ми-8 6568 часов; на 5 вертолетах Ми-8АМТ 1704 часа.

Обобщение материалов эксплуатации под наблюдением проведенной в предприятиях ГА в период 1999-2001 указывает на следующее:

По мере увеличения содержания жидкости FH-51 в смеси с АМГ-10 снижение вязкости в гидросистемах самолетов Ту-154 и Як-42 приобретает более умеренный характер.

- другие физико-химические показатели качества работавшей жидкости FH-51 в процессе применения в гидросистемах ВС изменяются незначительно;
- параметры работы гидросистем ВС находились в пределах, предусмотренных эксплуатационной документацией. Количество дефектов, неисправностей, а также досрочно снятых агрегатов гидросистем находится практически на том же уровне, что и при эксплуатации ВС с применением жидкости АМГ-10. Каких-либо нехарактерных и новых отказов с началом применения жидкости FH-51 не выявлено. Ряд эксплуатантов отмечает увеличение времени наработки изделий на один отказ. Исходя из положительных результатов эксплуатации под наблюдением, оценки изменения физико-химических показателей качества жидкости Гидроникойл FH-51, стабильности работы гидросистем ВС было принято решение внести в эксплуатационно-техническую документацию ВС дополнения в части возможности применения указанной жидкости наравне с маслом АМГ-10, в том числе в составе маслосмесей.

4. Сравнительные исследования жидкостей АМГ-10 и Гидроникойл FH-51.

В 2000 году было возобновлено производство масла АМГ-10. Указанное масло по сравнению с товарным маслом АМГ-10 выработано на вновь возобновленной в производстве основе, по измененной рецептуре, с вовлечением загустителя «винипола ВБ-2» другого завода изготовителя и добавлением противоизностной присадки трикрезилфосфат для стабилизации смазочных свойств АМГ-10. ЗАО «АвиаТехМас» приготовил на этой основе опытно-промышленную парию гидравлического масла с улучшенными противозностными свойствами.

В целях оценки качества вновь выработанных образцов жидкости АМГ-10 были проведены сравнительные испытания образцов жидкостей выпуска 2000 года следующих производителей: ОАО «Роснефть-МОПЗ «Нефтепродукт», ООО «ЛУКойл-ВНП», ОАО «Московский НПЗ», товарного АМГ-10 выпуска 1992 года и Гидроникойл FH-51 произведенного в 2000 году.

Исследования проб АМГ-10 и Гидроникойл FH-51 проводилось по показателям качества, предусмотренных ГОСТ 6794.

Для оценки свойств указанных образцов дополнительно проводились исследования термоокислительной стабильности при температуре 150°С в течение 50 часов и оценка качества жидкостей при хранении в различных температурных условиях (выдерживание на солнце и в холоде). Температура определения термоокислительной стабильности была выбрана исходя из температурных режимов близких к условиям работы гидросистем самолета Ту-154. До и после проведения оценки термоокислительной стабильности определялись противоизностные свойства по показателю Ди, содержание антиокислительных присадок методом тонкослойной хроматографии, характер изменения люминисцентного свечения и сравнивались инфракрасные спектры поглощения.

По результатам проведенных сравнительных испытаний можно сделать следующие выводы:

- физико-химические показатели исследованных образцов жидкостей АМГ-10 и Гидроникойл FH-51 соответственно отвечают нормативным требованиям ГОСТ 6794 и нормам сертификата качества;
- вязкость образцов масла АМГ-10, изготовленных в 2000 г. имеет меньший запас качества по сравнению с товарными партиями масла АМГ-10 произведенными до 1998 г. и Гидроникойл FH-51;
- после окисления величина вязкости АМГ-10 выпуска 2000 г. значительно уменьшается. Вязкость товарного масла АМГ-10 и Гидроникойл FH-51 независимо от продолжительности и температуры окисления увеличивается по сравнению с первоначальным значением;
- после определения термоокислительной стабильности (150°С, 50 ч) в двух из трех исследованных проб наблюдается выпадение осадка.

  применительно к условиям эксплуатации два последних фактора **указывают на возможность снижения сроков службы** жидкости и появления отказов агрегатов гидросистем;
- компонентный состав масел АМГ-10 выпуска 2000 г разных производителей практически идентичен между собой (небольшие отличия имеет образец производства Московского НМЗ) и имеет отличие от масел АМГ-10 вырабатывавшихся до 1998 г.
- по данным лабораторных исследований характер изменения показателей качества образцов АМГ-10 изготовленных по новой рецептуре отличается от его изменения в товарных маслах АМГ-10, применявшихся в гидросистемах ВС до 1998 года.

Учитывая вышеизложенное, было решено считать возможным допустить масло АМГ-10, вырабатываемое по новой рецептуре к эксплуатации под наблюдением в предприятиях ГА по программе согласованной с агрегатными КБ.

2. Анализ опыта применения взрывобезопасных рабочих жидкостей на основе сложных эфиров фосфорной кислоты и их зарубежных аналогов в гражданской авиации.

2.1. **Анализ опыта применения отечественных рабочих жидкостей на основе сложных эфиров фосфорной кислоты в гидросистемах отечественных самолетов гражданской авиации.**

С началом проектирования аэробусов потребовались рабочие жидкости обеспечивающие взрывопожаробезопасность. На западе в начале 50-тых годов прошлого века в соответствии с требованиями авиастроительных компаний были разработаны взрывобезопасностные рабочие жидкости на основе фосфатных эфиров.

Жидкость этого класса под маркой НГЖ-4 была принята на снабжение в предприятиях гражданской авиации одновременно с внедрением Ил-86 в 1980 году.

С принятием на эксплуатацию самолета Ил-96 на снабжения в предприятия ГА взамен НГЖ-4 была принята рабочая жидкость НГЖ-5у.

С 1981 г. ГосНИИ ГА постоянно проводит работы по наблюдению за работоспособностью взрывобезопасных рабочих жидкостей на основе сложных эфиров фосфорной кислоты и их зарубежных аналогов в гидросистемах ВС гражданской авиации.

За этот период были проведены работы по НГЖ-4, НГЖ- 5у в гидросистемах самолетов Ил-86, Ил- 96.

Требования нормативно-технической документации по контролю качества и чистоты НГЖ-5у в процессе эксплуатации в гидросистемах отечественных ВС.

тип ВС / наименование показателей	Ил-86	Ил-96	Ту-204
1. Кинематическая вязкость при плюс 50°С, сСт, не ниже	6,0	6,0	6,5
2. Кислотное число мг КОН на 1 г. жидкости, не более	0,3*	0,3*	0,15
3. Содержание воды, %, не более	0,5	0,5	0,5
4. Температура вспышки, °С, не ниже	155	165	165
5. Чистота: класс по ГОСТ 17216, не грубее	11**	10**	12
6. Содержание элементарных примесей, %, не более:			
Кальция		0,005	
Натрия		0,005	
Калия		0,005	
Хлора		0,02	
Серы		0,05	

* допускается до 0,5 мг КОН на 1г. жидкости при содержании воды не более 0,1%
** если чистота жидкости грубее 10 класса промойте гидросистему с использованием УПГ-300 НГЖ до 9 класса.

2.2. **Фактические данные изменения физико-химических показателей, полученные при проведении эксплуатации под наблюдением НГЖ-5у в гидросистемах Ил -86** .

Подконтрольная эксплуатация проводиться в настоящее время на 6 самолетах Ил – 86. Наработка планера в настоящее время составляет от 17000 до 27000 часов, наработка жидкости от начала наблюдения составлет от 500 до 2500 часов. На анализ в ЦС авиаГСМ ГосНИИГА представлено 131 пробы, отобранных из четырех гидросистем каждого ВС

Пробы НГЖ-5у исследовались в соответствии с технологическими картами Руководства по технической эксплуатации самолета Ил-86 по показателям: оценка внешнего вида, кинематическая вязкость при 50°С, кислотное число, содержание воды, класс чистоты, удельная электрическая проводимость.

Содержание воды в пробах работавшей жидкости определялось с применением реактива Фишера.

Оценка внешнего вида. В начальный период эксплуатации отобранные пробы по внешнему виду имели фиолетово-синею окраску

Кинематическая вязкость. Норма не ниже 6,0 сСт при 50°С. Полученные данные по изменению кинематической вязкости проб работавшей жидкости НГЖ-5у показывают, что значения находятся в пределах от 8,7 до 6.3 сСт. 71% значений вязкости менее 7 сСт. Значений показателя вязкость менее установленной нормы не выявлено.

Кислотное число. Норма не более 0,3 мг КОН/ 1 г жидкости (0,5 мг КОН/1 г жидкости при содержании воды не более 0,1).

Значения кислотного числа находятся в пределах от 0,008 до 0,5 мг КОН/ 1 г жидкости. 61 проба из 131 (67%) проб имеют значения более 0,3 мг КОН/ 1 г жидкости, **из них 17 проб имеет значения более 0,3 мг КОН/ 1 г жидкости при содержании воды более 0,1 %, т.е. жидкость подлежит замене.**

Класс чистоты. Норма не грубее 11 класса .

Значения класса чистоты проб работавшей жидкости находятся в пределах от 9 до 13 класса. По результатам анализа 22 проб проводились работы по очистки гидросистем.

Содержание воды. Норма не более 0,5 %.

Определением содержания воды в пробах рабочих жидкостей установлено, что её содержание находится в пределах 0.03-0.21 %. Определенных зависимостей содержания воды от времени наработки жидкостей в гидросистемах не наблюдается. За время проведения эксплуатационной проверки содержание воды не превысило предельной нормы, оговоренной эксплуатационной документацией.

Удельная электропроводность. Норма не менее 40 мк См/м Полученные данные указывают, что величина удельной электропроводности практически во всех пробах превышает 41-53 мк См/м. Какой либо закономерности между наработкой жидкости в гидросистеме и величиной удельной электропроводности не наблюдается.

При этом следует отметить, что величина электропроводности работавшей жидкости НГЖ-5У находиться в пределах нормы.

В процессе подконтрольная эксплуатация в гидросистемах Ил-86 были обнаружены гелеобразные осадки, которые могут отрицательно влиять на системы управления ВС.

Учитывая, что в процессе применения НГЖ-5у в гидросистемах Ил-96-300 при наработке порядка 20000 часов были обнаружены аналогичные гелеобразные осадки, а также участившие случаи отказов агрегатов гидросистем авиационными властями был разработан план мероприятий, который предусматривал ряд мер по устранению возникшей ситуации, в том числе подбор рабочей жидкости западного производства для применения в гидросистема ВС наравне с НГЖ-5у

2.3. **Фактические данные изменения физико-химических показателей, полученные при проведении эксплуатации под наблюдением рабочей жидкости Ну Jet IV-A^{plus} в гидросистемах Ил-96-300.**

В соответствии с планом мероприятий, была разработана «Программа эксплуатационной проверки самолета Ил-96-300 с применением гидрожидкости Ну Jet IV-A^{plus}» .

В январе 2006г. была произведена замена гидрожидкости НГЖ-5У на жидкость Ну Jet IV-A^{plus} . Замена жидкости осуществлялась путем вывешивания самолетов с последующей прокачкой заправляемой жидкости с использованием установки фирмы «PALL».

Согласно программы эксплуатационной проверки перед заменой жидкости НГЖ-5У был произведен отбор проб этой жидкости. После замены НГЖ-5У на жидкость HyJet IV-A^{plus} отбор проб производился через 250, 500 и через каждые 500 летных часов. Отобранные пробы направлялись на исследования в лаборатории ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИ ГА и фирмы «Эксон Мобил». По данным лаборатории «Эксон Мобил» содержание жидкости HyJet IV-A^{plus} по отношению к жидкости НГЖ-5У, после замены находилось на уровне порядка 80%, что свидетельствует о высокой эффективности работ по замене жидкостей.

Лабораторией ЦС авиаГСМ ФГУП ГосНИИГА пробы гидрожидкостей исследовались в соответствии с технологическими картами Руководства по технической эксплуатации самолета Ил-96-300 по показателям: оценка внешнего вида, кинематическая вязкость при 50°С, кислотное число, содержание воды, класс чистоты. Дополнительно контролировались: удельная электрическая проводимость, содержание кальция, калия и натрия, содержание эпоксидной присадки. Была также проведена оценка воздействия жидкости HyJet IV-A^{plus} и её смеси с НГЖ-5У на уплотнительные резины. Отдельные пробы исследовались методом инфракрасной спектроскопии. Содержание воды в пробах работавшей жидкости определялось с применением реактива Фишера. В результате исследований по оценке изменения физико-химических и эксплуатационных показателей качества жидкости HyJet IV-A^{plus} и её смеси с НГЖ-5У работавших в гидросистемах самолетов Ил-96-300 установлено следующее:

- **внешний вид** проб в начале эксплуатации имел фиолетово-синию окраску после наработки 3000 ч. приобрел светло-бурый цвет;
- **динамика изменения кинематической вязкости неоднозначна.** Кинематическая вязкость проб жидкости из гидросистем самолета Ил-96-300 № 96008 имеет незначительную тенденцию к снижению, при этом за весь период наблюдения предельной нормы не достигла. В пробах жидкости HyJet IV-A^{plus} , отобранных из гидросистем самолета Ил-96-300 № 96007 отмечается падение вязкости ниже предела (6,0 мм^2/с), установленного эксплуатационной документацией. Особенно наглядно это проявилось в третьей гидросистеме.

- **кислотное число** по мере увеличения наработки жидкости в гидросистемах имеет незначительную тенденцию к увеличению и при наработке 500-1000 ч. практически стабилизируется. Предельной нормы за весь период наблюдения не достигло;
- **класс чистоты** проб работавшей жидкости несколько увеличивается с ростом наработки в гидросистемах. - **за весь период эксплуатации класс чистоты проб работавшей жидкости не превысил нормы**, предусмотренной эксплуатационной документацией;
- **удельная электропроводность** практически во всех пробах превышает уровень 90-100 мк См/м. Какой-либо закономерности между наработкой жидкости в гидросистеме и величиной её удельной электропроводности не наблюдается;
- **содержание воды** в пробах работавшей жидкости находится в пределах 0.04 - 0.45%, определенных зависимостей содержания воды от времени наработки в гидросистеме не наблюдается. Показатель-содержание воды за время проведения эксплуатационной проверки предельного значения не достигал;
- **содержание эпоксидного кислорода и металлов** (кальция, натрия и калия) в ходе эксплуатационной проверки изменялось незначительно. Численные значения указанных показателей оставались практически на одном уровне; содержание хлора менее 10 ppm.
- **воздействие жидкостей** на штатные уплотнительные резины марок ИРП 1375 НТА и ИРП 1377 НТА показало, что резины изготовленные в соответствии с технологическим регламентом и рецептурой разработчика («АУТ»), на которой происходили испытания авиатехники, можно использовать в контакте с жидкостями и Ну Jet IV-A^{plus} НГЖ-5У без ограничений. Для резин других изготовителей при отсутствии подтверждения их качества и рецептуры следует руководствоваться рекомендациями ФГУП «ВИАМ» - проводить их эксплуатацию в контакте с жидкостью HyJet IV-A^{plus} под наблюдением.
- **ИК-спектры проб** работавших жидкостей в процессе эксплуатации изменяются незначительно, что может свидетельствовать о стабильности состава жидкостей.

Выводы.

На основании результатов проведенных исследований, считать возможным, включить эксплуатационно-техническую документацию самолетов Ил-96-300 возможность применения жидкости Ну Jet IV-A^{plus} наравне с жидкостью НГЖ-5У на всем парке самолетов Ил-96-300 эксплуатируемых ОАО «Аэрофлот Российские авиалинии».

Предельное значение показателя «кинематическая вязкость» установить в пределах 5.0-5.2 сСт. Периодичность контроля вышеуказанных показателей установить по согласованию с ОАО «Аэрофлот».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суммируя результаты проведенных исследований можно констатировать, что обе жидкости АМГ-10 и Гидроникойл FH-51 близки по физико-химическим свойствам, в процессе применения наблюдается общие закономерности изменения их параметров. При этом более стабильные параметры имеет жидкость FH-51. Но обоих случаях мы говорим об изменениях показателей жидкости, ухудшающихся в процессе эксплуатации, а они должны быть стабильными. То есть обе жидкости не в полной мере удовлетворяют условиям применения в гидросистемах ВС.

По нашему мнению наиболее приемлемым вариантом является разработка и внедрение жидкости, отвечающей требованиям зарубежных спецификаций MiL-H-83282 и Mil-H-87257 на основе поли-альфа-олефинов у которых температура вспышки составляет порядка 200°С, а вязкость при минус 54°С порядка 2500 мм^2/с .

В целом решение проблем применения гидрожидкостей видится в следующем виде.

Улучшение эксплуатационных свойств:

- для рабочей жидкости взамен АМГ-10 по механохимической стабильности ;
- для рабочей жидкости взамен НГЖ-5У по термоокислительной стабильности;
- для обеих жидкостей в состоянии поставки повысить уровень чистоты.
- обеспечение совместимости с товарными рабочими жидкостями, металлами, с резино-техническими, изоляционными, лакокрасочными материалами, растворителями (применяемыми для очистки) и т.д.

Должны быть разработаны Рекомендациями по обращению с продуктами, которые включают следующие направления:

- порядок оформления допуска к применению и внесение в нормативно-техническую документацию по эксплуатации ВС со стороны авиастроительных компаний.
- организована система поддержки сбыта продукта, включающая:
  наличие специально подготовленного для работы в области авиации персонала, занимающегося сбытом, технической поддержкой и оказанием услуг потребителям;
- наличие системы распределения продукта;
- организация системы анализа работавших гидрожидкостей;
- обеспечение тесного взаимодействия потребителей (авиакомпаниями и инженерными службами), производителями оборудования;

Предприятиям ГА должны быть представлены рекомендации по утилизации отработанной жидкости, учетом местных условий, т.е. много вариантности утилизации (сжигания, сжигания с целью извлечения энергии), условий захоронения в грунт, использования в качестве сырья для получения свежей жидкости или повторного использования в системах ВС или гидросистемах наземной техники.

Необходимы также рекомендации по технологии и средствам очистки гидросистем ВС и средств их наземного обслуживания.

Сыроедов Н.Е.
Кандидат технических наук,
доцент МГТУ ГА

Бельский О.В.
научный сотрудник ФАУ «25 ГосНИИ МО России по химмотологии»

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Комплексную задачу энергосбережения целесообразно решать, переходя на технологии нового типа и создавать новые классы аппаратов, использующих физические явления, которые открывают дополнительные возможности энергомассообмена.

В большинстве современных производств моторных масел применяются варочные котлы, которые представляют собой емкость объёмом около 2000 л, оснащенную механической мешалкой с лопастями и снабженную рубашкой для водяного или парового нагревания всей емкости. Эта технология отличается существенными энергозатратами (рис. 1) [2].

Явление нагрева материалов в электромагнитном излучении диапазона сверхвысокой частоты (СВЧ-диапазона) позволяет использовать технологические среды с достаточной диэлектрической проницаемостью как накопители энергии СВЧ-поля (СВЧП) для их саморазложения, катализа и передачи тепла. При этом трансформация электрической энергии в тепловую происходит за счет возбуждения СВЧ-полем колебаний молекул технологической среды – диэлектрика, что значительно интенсифицирует энергообмен, так как тепловыделение идет во всем объеме вещества. При правильном подходе к разработке СВЧ-технологий возможно их эффективное применение во многих технологических процессах современного машиностроительного производства, например, при производстве моторных масел.

Для оценки влияния электромагнитного СВЧ-поля на процесс растворения присадок в базовом масле И-20А были проведены лабораторные исследования на базе композиций, предоставленных ООО «НПП Квалитет», в которых различное количество базового масла с присадками в пластмассовых емкостях помещалось в камеру объемом 25-30 л, в которой создавалось электромагнитное СВЧП с определенной напряженностью электрического поля Е (рис. 2). Непосредственно перед размещением в камере масло с присадками перемешивалось путем взбалтывания и встряхивания в течение 10 с. По результатам работы установлено, что обработка композиций присадок электромагнитным СВЧП привела к полному смешению её компонентов

Для оценки возможности применения способа смешения необходимо проведение работ по обработке композиции в динамическом режиме обработки, т.е. с применением циркуляции (рис. 3). Обработка электромагнитным СВЧП трансмиссионного масла ТАП – 15В в экспериментах привела к улучшению его трибологических свойств:

- диаметр пятна износа уменьшился с 0,73 мм до 0,64 мм;
- нагрузка сваривания увеличилась от 315кгс до 335кгс;
- критическая нагрузка увеличилась до 112 кгс.

Остальные физико-химические свойства этого масла соответствовали ТУ.

На основе поисковой проработки была создана производственная установка для приготовления моторных масел различных марок воздействием электромагнитного СВЧП.

Обработка моторного масла SAE 5W40 CF-4/SG в количестве 100 л проводилась на технологической установке двумя генераторами электромагнитного поля сверхвысокой частоты. В рабочую емкость установки закачивалось базовое масло и добавлялись присадки. Данная смесь перемешивалась насосом в течение 30 мин. В процессе перемешивания измерялась температура масла. После перемешивания для проведения анализа отбиралась проба масла и включалась установка, которая в течение 5 мин обрабатывала масло при перемешивании в емкости СВЧП.

Температура масла за 40 мин в процессе обработки увеличилась с 11 до 20 °С и для приготовления масла с применением СВЧП дополнительного разогрева его не потребовалось.

Результаты оценки показателей масла SAE 5W40 CF-4/SG изготовленного традиционным способом и с использованием СВЧП, приведены в таблице. Как видно из таблицы , основные показатели соответствуют ТУ.

При традиционной технологии производства (разогрев и перемешивание) затрачивается от 80 до 100 кВтч энергии, а при изготовлении с использованием СВЧП – около 12 кВтч, т.е. в 6-8 раз меньше. Кроме того, сократилось в 10 и более раз время на изготовление масел.

Сокращение в 2-3,6 раза энергоемкости при использовании электромагнитного СВЧП получено также при опытном изготовлении двух партий пакетов присадок ППК-473 на специальной установке вместимостью 1000 литров, а общее время изготовления сократилось с 3 часов до 45 минут.

Таким образом, исходя из проведенных исследований и расчётов, доказывающих эффективность и экономию энергетических ресурсов при невысоких временных показателях процессов обработки, применение СВЧП при изготовлении масел можно рассматривать как перспективное направление совершенствования существующих технологий производства моторных масел.

Список литературы:

1. Нефть и нефтепродукты. Часть 4. Масла, смазки и присадки, 1994, 320с.
2. **Емельянов В.Е., Минусова Т.Н.** Разработка и производство экологически улучшенных моторных масел. - М.: ОАО ЦНИИТЭ нефтехим,1994г.-53с.
3. **Егоров Ю.М., Бобков С.Н., Люшин В.В., Ларюошкин А.Н., Дьячков СВ.** Патент РФ № 2138175 Способ смешения жидких веществ. - Бюл. №30, 2000г.
4. **Чулков П.В., Чулков И.П.** Топливо и смазочные материалы: ассортимент, качество, применение, экономия, экология. Справочное издание. - М.: «Политехника», 1996г. - 304с.
5. **Матвиевский О.М., Лашхи В.Л., Буяновский И.А.** и др. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний. Справочник/ – М.: Машиностроение, 1989, 224 с.
6. **Астахов А.В., Широков Ю.М.** Электромагнитное поле. Курс физики. Том II - Москва.: Редакция физико-математическая литература, 1980г. - 360с.

1

3

2

Таблица - Результаты оценки показателей масла «SAE 5W40 CF-4/SG изготовленного традиционным способом и с использованием СВЧП. (получено смешиванием присадок с базовым маслом и обработкой СВЧ-полем в установке объемом 120л)

№№	Наименование показателей	Норма ТУ 0253-015-40065452	Масло приготовленное по традиционной технологии	Базовое ло, переме шанное с добав-ными при-садками	После обработки СВЧП на установке в течение			
					5 мин		10 мин	
					ООО «Квалитет»	25 ГосНИИ	ООО «Квалитет»	25 ГосНИИ
1.	Вязкость кинематическая при 100°С, мм²/с	13,5 - 14,5	13,6	15,6	15,31	15,5	15,12	15,6
2.	Индекс вязкости	Не менее 135	161	183	164	-	165	-
3.	Зольность сульфатная, %	Не более 1,5	1,11	1,4	1,4	-	1,4	-
4.	Щелочное число, мг КОН на 1 г масла	Не менее 8,5	9, 44	11, 18	11, 3	-	11, 0	-
5.	Массовая доля механических примесей,%	Не более 0,015	0,0052	0,0052	0,005	-	0,005	-
6.	Массовая доля воды	Не более Следы	Следы	Следы	Следы	-	Следы	-
7.	Массовая доля активных элементов, % - кальция - цинка	-	0,32 0,10	0,38 0,14	0,39 0,15	-	0,38 0,15	-
8.	Температура застывания, °С	Не выше -35	-36	-	-	-	-36	-
9.	Диаметр пятна износа, Ди, мм:	-	0,34	0,45	-	0,35	-	0,43
10.	Нагрузка критическая, Ри, кгс	-	94	106	-	119	-	119

Попел В.З.
заместитель директора ЗАО «НТФ НОВИНТЕХ»

Скрипник А.А.
ведущий инженер ООО «САОН-Система».

Фокин А.Б.
коммерческий директор ООО «САОН-Система»

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В КОМПЛЕКСАХ АВТОМАТИЗАЦИИ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА АВИАТОПЛИВА

Современные системы коммерческого учета на топливозаправочных комплексах строятся на основе автоматизированных рабочих мест (АРМ), предоставляющих набор функций для автоматизированной реализации технологических процессов. Ярким представителем подобных систем является комплексу управления технологическими процессами налива и коммерческого учета ТЗК аэропортов «АССОЛЬ-АЭРО», производства ООО «САОН-Система». АРМ, входящие в комплекс автоматизации, работают с централизованной базой данных, сохраняющей всю информацию о технологических процессах приема, налива и хранения. Таким образом формируется единое информационное пространство позволяющее эффективно управлять различным технологическим оборудованием, интегрировать системы противоаварийной защиты, формировать рабочую документацию и анализировать работу топливозаправочного комплекса.

Важную роль при построении комплексов автоматизации выполняют системы измерения параметров жидкости в резервуарах. В связи с тем, что количественный учет нефтепродуктов ведется в единицах массы, к подобным системам предъявляются жесткие условия по точности измерений уровня, плотности и температуры продукта. Специфика работы с авиатопливом накладывает дополнительные ограничения на применяемые материалы при изготовлении первичных преобразователей.

На сегодняшний день всем предъявляемым требованиям соответствует измерительная система «Струна» фирмы «Новинтех». В основе принципа измерения лежит магнитострикционный эффект. Электрический ток, проходя по волноводу — струне, взаимодействует с магнитным полем постоянных магнитов, расположенных в поплавках. В результате в волноводе порождается акустическая волна, время распространения которой пропорционально уровню топлива в резервуаре.

Измерение плотности осуществляется с помощью поплавка и уравновешивающих цепочек, нагружающих поплавок, установленных концентрично относительно штанги. При изменении плотности жидкости меняется выталкивающая сила, поплавок перемещается относительно трубы до тех пор пока не наступит равновесное состояние за счет перераспределения массы с помощью уравновешивающих цепочек. Величина перемещения поплавка пропорциональна изменению плотности. Датчик плотности, основанный на описанном принципе, путем подбора объемно-весовых характеристик поплавка и цепочек, может быть настроен на любой поддиапазон измерения плотности от 450 до 1500 кг/м^3, что позволяет применять его для измерения плотности различных жидкостей, в том числе и ПВКЖ.

Измерение массы авиатоплива с помощью системы измерительной «Струна» проводят косвенным методом статических измерений по результатам измерений:

- уровня – каналами измерений уровня в составе системы «Струна»;
- средней плотности – каналами измерений плотности в составе системы «Струна»;
- средней температуры - каналами измерений температуры в составе системы «Струна»;

Объем авиатоплива автоматически вычисляется по градуировочным таблицам резервуаров по измеренному значению уровня НП. В *таблице 1* представлены основные метрологические характеристики системы.

Данный плотномер, обладает высокими метрологическими характеристиками (абсолютная погрешность измерения плотности 1кг/м^3 с большим метрологическим запасом).

Таблица 1.

Параметр	Величина
Диапазон измерения уровня, мм	200..18000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня, мм	±2
Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения плотности, кг/м^3	±1
Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры, °С	±0.5
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы, %	±0.5

Для реализации удаленного контроля работы ТЗК в комплексе «АССОЛЬ-АЭРО» предусмотрено АРМ удаленного сбора данных (рис. 2). Эта опция является наиболее востребованной для компаний, склады ГСМ которых географически разбросаны по всей территории страны, а решения по управлению принимаются в головном офисе оперативно и на основании данных, полученных с объектов хранения авиатиплива.

Система мониторинга позволяет в удобной форме просматривать результаты измерений, по каждому резервуару, включая показания отдельных датчиков плотности и значения температуры на высотах их установки. При поступлении некорректных данных от измерительной системы программа выдает сообщение о сбое конкретного измерительного канала. В программе предусмотрена возможность вывода на печать информации о текущем состоянии резервуарного парка с различной степенью детализации (вывод формат ODF, с последующим открытием в пакете Open Office); АРМ представления данных позволяет работать с архивом документов, оформленных с применением ПО комплекса. Предусмотрена возможность просмотра актов приемки топлива, сменных отчетов по наливу (в литровом и килограммовом исчислении), реестров и порезервуарных журналов.

Подпрограмма анализа данных позволяет просматривать архивную информацию об измерениях параметров жидкости в резервуарах. Предусмотрена возможность получения информации на любой момент времени за период архива. На рис. 3 представлены графики изменения параметров в течение месяца в одном из вертикальных резервуаров ТЗК ЛУКОЙЛ-АЭРО. Построенные графики имеют возможность масштабирования.

На графике уровня можно различить факты отдельных сливов авиатоплива в топливозаправщики. Скачок плотности на соответствующем графике обусловлен турбулентными явлениями в резервуаре при приеме топлива. По виду зависимости температуры и плотности можно сделать вывод о том что система работает правильно, отслеживая температурные колебания в приделах 0.5°С, что может говорить о высокой метрологической надежности каналов плотности и температуры.

Таким образом установка системы измерения является мощным инструментом для обеспечения коммерческого учета.

Установка системы мониторинга, в центральном офисе управляющей компании дает возможность удаленного сбора данных о физических параметрах нефтепродуктов на складах ГСМ компании и предоставляет широкие возможности по выводу, в удобной форме, объективных данных о состоянии нефтепродуктов в резервуарных парках с различной степенью детализации, начиная от сводного отчета по нескольким нефтебазам и заканчивая отдельными резервуарами.

Рис. 1 Общий вид ППП измерительной системы «Струна»

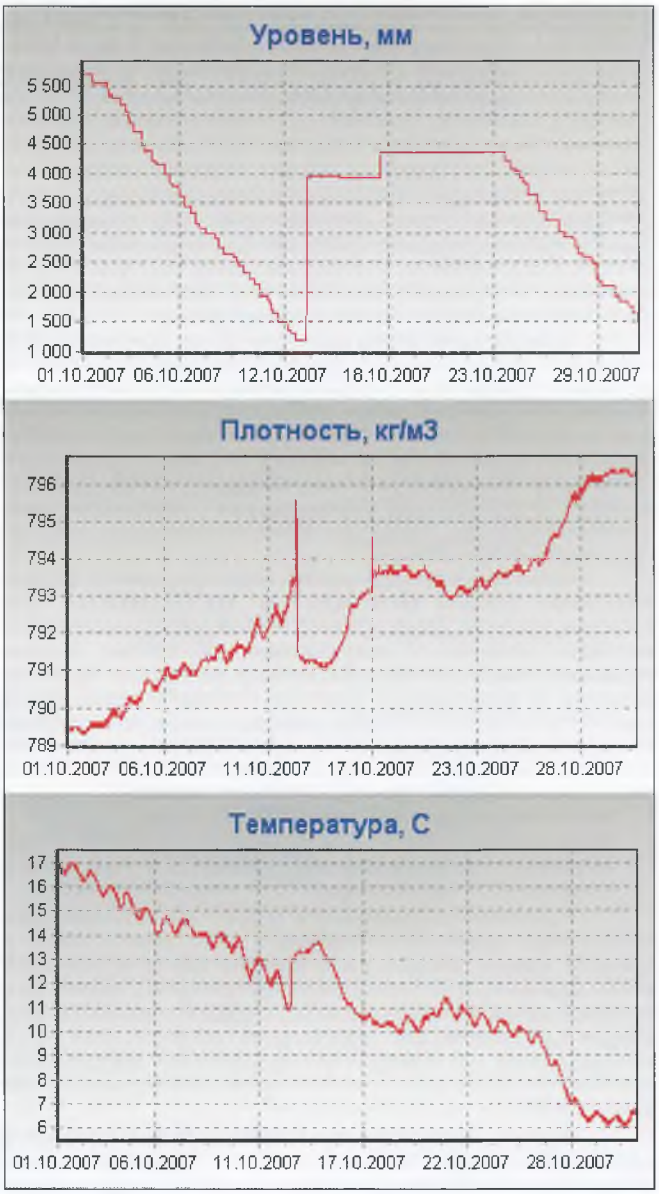
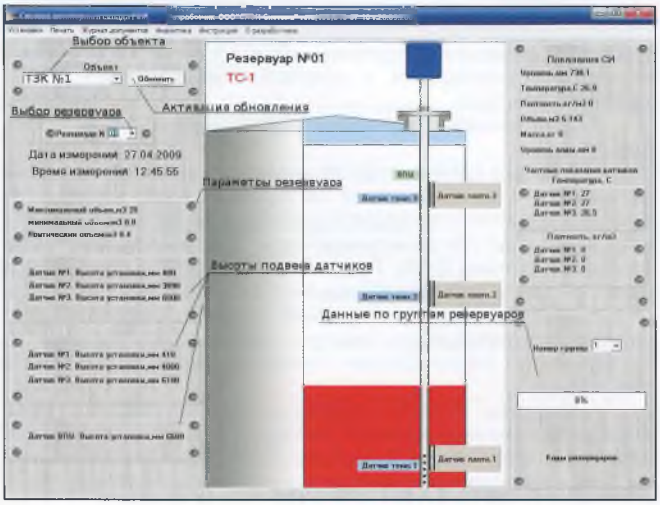


Рис. 3 Графики параметров жидкости в резервуаре

Рис. 2 Основное окно АРМ сбора данных



Дубасов Ю.Б.
к.т.н.
ЗАО «Альбатрос», г. Москва

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕМНО-МАССОВОГО УЧЕТА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

В настоящее время процессы учета нефти и нефтепродуктов достаточно строго регламентирует ряд руководящих документов, среди которых наиболее популярным считается ГОСТ Р 8.595-2004 /1/. Это неудивительно, так как в нем рассматриваются все методы измерения и их характерные погрешности касательно массы нефти и нефтепродуктов.

Процесс учета можно разделить на три основные этапа: приемка, хранение и отпуск продукта. Если в технологии объекта, в основном, присутствуют первый и третий этапы, то неоспоримое преимущество имеют прямой и косвенный методы динамических измерений, так как пределы допускаемой погрешности, определенные в /1/ вдвое и более раз меньше, чем у методов измерения, основанных на гидростатическом принципе. В таких условиях (характерно для АЗС) учет нефтепродуктов в резервуарах носит резервный характер, а основным является применение поточных массомеров и плотномеров.

Иначе решается задача учета, когда в регламенте функционирования объекта превалирующим этапом является этап хранения продукта. Здесь количественный учет динамическими методами затруднен и неэффективен, т.к. требует наличия резервных резервуаров и необходимости регулярной перекачки жидкости из одной емкости в другую. Поэтому остается только способ контроля за состоянием продукта в резервуаре хранения. В этом случае необходимым условием процедуры учета является аттестация резервуаров, как мер вместимости. Существует и еще ряд ограничений в применении динамических методов:

- очень высокая стоимость поточных массомеров;
- неоднородный состав учитываемого продукта (это, в первую очередь, относится к растворенным в продукте воде и газу и характерно для процессов подготовки и переработки нефти).

В условиях хранения нефтепродукта или его неоднородного состава наиболее практичным с точки зрения затрат и точности количественного учета является метод определения массы, основанный на гидростатическом принципе. Прозрачная и понятная схема вычисления массы (давление столба жидкости, деленное на уровень, дает интегральную плотность, что в купе с градуировочной таблицей однозначно определяет массу продукта) облегчает разрешение учетных споров, эксплуатацию оборудования и диагностику неисправностей.

Системы измерительные ГАММА для объемного учета на базе контроллера ГАММА-10 (см. *рис. 1*) предназначены для измерения уровней различных жидких продуктов, а также измерения температуры контролируемой среды в одной или нескольких точках (в зависимости от типа подключенных датчиков), коррекции измеряемых датчиками уровней с учетом температуры контролируемой жидкости и вычисления объема жидкости с использованием градуировочных таблиц резервуаров с индикацией измеренных параметров на встроенном индикаторе, а также возможностью осуществления цифрового обмена по последовательному интерфейсу с ЭВМ верхнего уровня.

Системы выпускаются в следующих исполнениях:

– система измерительная ГАММА-10/ДУУ5 (исп. 0) в составе:
  1) контроллер ГАММА-10 исполнение 1 – 1 шт.;
  2) датчики уровня ультразвуковые ДУУ5 – от 1 до 8 шт.;
– система измерительная ГАММА-10/ДУУ2 (исп. 1) в составе:
  1) контроллер микропроцессорный ГАММА-10 исполнение 2 – 1 шт.;
  2) датчики уровня ультразвуковые ДУУ2М-10-1 – от 1 до 4 шт.;
– система измерительная ГАММА-10/ДУУ2/ДТМ2 (исп.2) в составе:
  1) контроллер микропроцессорный ГАММА-10 исполнение 3 – 1 шт.;
  2) датчики уровня ультразвуковые ДУУ2М-10-0 – от 1 до 4 шт.;
  3) датчики температуры многоточечные ДТМ2-1 – от 1 до 4 шт.

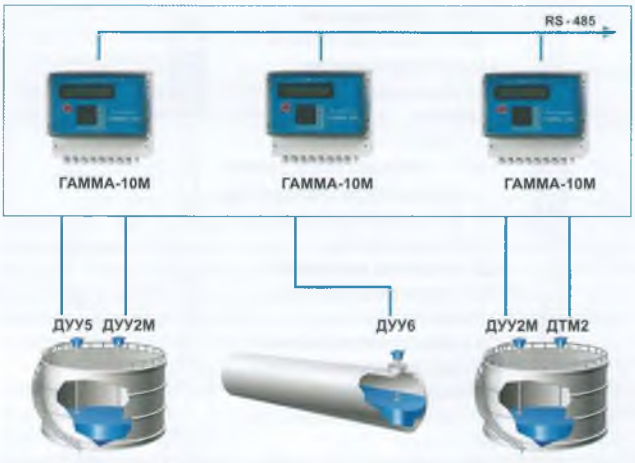


рис. 1 Структурная схема системы измерительной ГАММА.

Функции, выполняемые системами в зависимости от исполнения.

Системы ГАММА-10/ДУУ5 и ГАММА-10/ДУУ2 обеспечивают измерение уровней и температур жидкостей в резервуарах датчиками ДУУ5 и ДУУ2М-10-1 (до восьми и четырех резервуаров) соответственно, коррекцию измеряемых датчиками уровней с учетом температуры контролируемой жидкости, вычисление объема жидкости с использованием градуировочных таблиц резервуаров.

Система ГАММА-10/ДУУ2/ДТМ2 обеспечивает измерение уровней жидкости в резервуарах датчиками ДУУ2М-10-0 (до четырех точек измерения), измерение температуры среды в резервуарах датчиками ДТМ2-1 (до четырех каналов измерения, при этом в каждом канале до 16 точек измерения температуры), коррекцию измеряемых датчиками ДУУ2М-10-0 уровней с учетом температур, измеряемых датчиками ДТМ2-1, вычисление объема жидкости в резервуарах с использованием градуировочных таблиц резервуаров.

Отличия между системами ГАММА заключаются в следующем.

Система ГАММА-10/ДУУ5 в силу ограничений по длины датчика (до 4 м) применяется на горизонтальных емкостях. В качестве элемента коррекции по температуре данных градуировочной таблицы контролируемой меры вместимости выступает термометр датчика ДУУ5. При небольших высотах резервуаров имеющий место возможный градиент температуры по вертикали не оказывает существенного влияния. Кроме того, в большинстве случаев контролируемые емкости являются подземными, и актуальность вертикального температурного мониторинга отсутствует.

Системы ГАММА-10/ДУУ2 и ГАММА-10/ДУУ2/ДТМ2 используются на вертикальных резервуарах высотой, превышающей 8-10 м. Отличие одной системы от другой указано в названии системы и заключается в наличии или отсутствии в составе

системы датчика ДТМ2. Этот датчик позволяет реализовать измерение температуры по всей высоте емкости, тем самым, точнее определить изменение геометрических размеров резервуара. Поэтому система ГАММА-10/ДУУ2/ДТМ2 имеет более высокие метрологические характеристики по определению объема жидкости. Правда, и стоит она дороже на величину стоимости входящих в состав датчиков ДТМ2.

Основные технические данные и метрологические характеристики приведены в сводной *Таблице 1*.

Параметры контролируемой среды:

- рабочее избыточное давление не более 2 МПа для датчиков ДУУ5, не более 0,15 МПа для датчиков ДУУ2М-10-0, ДУУ2М-10-1 и ДТМ2-1;
- рабочий диапазон изменений температуры среды от минус 45 до +65 С;
- плотность жидкости от 600 до 1500 кг/м3;
- вязкость жидкости не ограничивается при отсутствии застывания контролируемой среды на элементах конструкции датчиков и отсутствии отложений на датчиках, препятствующих перемещению поплавка.

Комплексы измерительные автономные для определения плотности и массы светлых нефтепродуктов ДУУ4МА (далее «ДУУ4МА») в зависимости от комплектации, предназначены для измерения уровня различных жидких продуктов и уровней раздела сред многофазных жидкостей, а также измерения температуры, давления, объема, плотности и массы контролируемой среды.

ДУУ4МА может осуществлять:

- контактное автоматическое измерение уровня жидких продуктов;
- контактное автоматическое измерение до четырех уровней раздела несмешиваемых жидких продуктов;
- измерение температуры контролируемой среды;
- измерение давления контролируемой среды;
- измерение объема контролируемой среды по градуировочной таблице резервуара (в рабочих условиях и приведенного к 15°С);
- измерение плотности контролируемой среды (в рабочих условиях и приведенной к 15°С);
- измерение массы контролируемой среды;
- индикацию измеренных значений параметров и ввод настроек;
- формирование четырех токовых сигналов в диапазонах 0...20, 0...5 и 4...20 мА, в величине которых содержится информация о значениях измеренных параметров;
- управление внешними устройствами посредством двух изолированных ключей с выходом типа "сухой контакт" с программируемыми привязками, порогами и гистерезисами срабатывания;
- связь с ЭВМ верхнего уровня посредством последовательного интерфейса RS-485 в формате протокола Modbus RTU.

ДУУ4МА состоит из блока сопряжения с датчиком БСД4 и одного из датчиков:

- датчика уровня ультразвукового ДУУ2М, обеспечивающего измерение текущих значений уровней, уровней раздела сред, температуры, давления;
- датчика уровня ультразвукового ДУУ6, обеспечивающего измерение текущих значений уровня, температур, гидростатического давления.

ДУУ4МА в комплекте с ДУУ2М решает задачи объемного учета аналогично системам ГАММА, обладая дополнительными функциями: четырехканальным токовым интерфейсом и парой силовых ключей для управления внешними устройствами.

ДУУ4МА (см. *рис. 2*) в комплекте с датчиком ДУУ6 (ДУУ6-1) производит измерение уровня продукта, уровня подтоварной воды, температуры и давления гидростатического столба вычисление текущих значений плотности, массы брутто, массы нетто и приведенных к нормальным условиям значений объема и плотности. Измерение уровня продукта основано на измерении времени распространения в стальной проволоке короткого импульса упругой деформации. Гидростатическое давление столба контролируемого жидкого продукта представляет собой разность давлений, измеренных нижней и верхней ячейками давления. По результатам измерения уровня и гидростатического давления блок БСД4 по градуировочным таблицам меры вместимости в соответствии с /1/ вычисляет плотность и массу брутто. Кроме того, блок имеет возможность принять в качестве собственных настроек массовые доли воды, механических примесей и хлористых солей в продукте. Это позволяет вычислять массу нетто контролируемой жидкости.

Технические данные ДУУ4МА при комплектации датчиками ДУУ2М аналогичны системам ГАММА. Основные технические и метрологические характеристики приведены в *Таблице 1*.

рис. 2 Схема построения комплекса измерительного автономного для определения плотности и массы жидкости ДУУ4МА-(ДУУ6).

Таблица 1. Основные технические и метрологические характеристики систем и комплексов количественного учета.

наименование параметра	системы измерительные ГАММА			комплекс измерительный автономный ДУУ4МА		система измерительная Альбатрос Танк
	исп.0	исп.1	исп.2	ДУУ2М	ДУУ6	Супервайзер
Диапазон измерения уровня, м	до 4	до 25	до 25	до 25	до 6	до 6
Нижний неизмеряемый уровень, мм	до 3	до 3	до 3	до 3	до 3	до 3
Верхний неизмеряемый уровень, не более мм	250	250	250	250	242	242
Абсолютная основная погрешность измерения уровня, мм	±1	±3	±3	±3	±1	±1
Абсолютная основная погрешность измерения уровня раздела, мм	–	–	–	±5	±5	–
Абсолютная погрешность измерения температуры, град.С	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5
Относительная погрешность измерения объема, %	±0,35	±0,35	±0,18	±0,35	±0,18	±0,18
Основная погрешность измерения гидростатического давления, %	–	–	–	–	±0,1	±0,1
Относительная погрешность измерения плотности, %	–	–	–	–	до ±0,3	±0,4
Относительная погрешность измерения массы, %	–	–	–	–	от ±0,4 до ±2,6	±0,5 свыше 120 т ±0,65 до 120 т
Количество контролируемых резервуаров	до 8	до 4	до 4	1	1	до 108
Количество выходов управления	–	–	–	6	6	–
Сетевой интерфейс	RS-485, Modbus RTU					

Комплекс ДУУ4МА является развитием идеологии количественного учета, заложенной в системах ГАММА. При его разработке была предпринята попытка сохранить достоинства систем и учесть их недостатки. Кроме того, ставилась задача обеспечить небольшие (одна, две меры вместимости) объекты хранения инструментом количественного учета. Достоинством комплекса являются его функциональные способности. В сравнении с системами ГАММА комплекс ДУУ4МА:

- может вести не только объемный, но и массовый учет контролируемой жидкости;
- оснащен аналоговыми и дискретными выходными каналами, что позволяет наделять его функциями управления (дискретная сигнализация, дискретное и пропорциональное регулирование). Именно выходы комплекса превращают его в полностью автономный прибор;
- конструктивно приспособлен для размещения в шкафах автоматики традиционно используемых для реализации автоматизированных систем.

Автономный комплекс ДУУ4МА при всей своей привлекательности: компактность, невысокая стоимость, самодостаточность в измерениях и вычислениях, - вместе с тем имеет существенный недостаток. Это касается создания отчетных документов по установленному образцу. Решить эту задачу без применения компьютера нереально, поэтому разработка такой измерительной системы с элементами вычислительной техники была весьма актуальна.

Система измерительная «Альбатрос Танк Супервайзер» (см. *рис. 3*) предназначена для измерения массы товарных нефти и нефтепродуктов в мерах вместимости. Результаты измерений, выполненных системой, могут быть использованы для выполнения учётных операций и управления технологическими процессами.

Система обеспечивает автоматическое выполнение измерений и расчет основных параметров продуктов, хранящихся в мерах вместимости: уровня, температуры, давления, плотности, объема, массы.

Система состоит из промышленного компьютера (КП) с установленным специализированным программным обеспечением, источника бесперебойного питания (ИБП), блоков питания изолированных БПИ4 и комплексов измерительных ДУУ6-БСД (далее "комплекс").

Комплекс состоит из датчиков уровня ультразвуковых ДУУ6 в количестве не более трех и блока сопряжения с датчиками БСД-3

Количество комплексов определяется при заказе системы, при этом на одном комплексе могут быть реализованы до трех каналов измерения массы (ИКМ).

Конструктивно промышленный компьютер, ИБП, БПИ4 и БСД из состава комплексов интегрированы в пульт оператора стационарный ПОСТ-1 (далее "пульт"), располагающийся в операторной, а датчики из состава комплексов размещаются на контролируемых мерах вместимости.

Количество датчиков (соответствующее числу ИКМ в системе) определяется при заказе системы и не должно превышать 108 штук. Количество БСД-3 из комплекта комплексов измерительных, входящих в состав пульта, должно определяться из расчета возможности подключения к одному БСД не более трех датчиков.

Функционально система состоит из ИКМ, которые включают в свой состав каналы измерения уровня, гидростатического давления, температуры.

Обработка, хранение и отображение измерительной информации в системе производится программой "Альбатрос Танк.Сервер", выполняющейся на КП типа IBM PC, входящим в состав пульта.Программа системы позволяет выполнять измерения одновременно в 108 мерах вместимости. Программа "Альбатрос Танк.Сервер" выполняет следующие функции:

- ведение конфигурации системы и объекта;
- ввод и хранение информации о мерах вместимости объекта (наименования и обозначения, типы, виды продуктов, градуировочные таблицы, таблицы коэффициентов объемного расширения продуктов и т.д.);
- ввод и хранение уставок и предельных (аварийных) значений для измеряемых параметров мер вместимости;
- сбор и первичную обработку измерительной информации ИКМ;
- вторичную обработку измерительной информации по адаптивным алгоритмам, обеспечивающим оптимальную компенсацию факторов влияния на измерения;
- отображение измерительной информации в удобном для

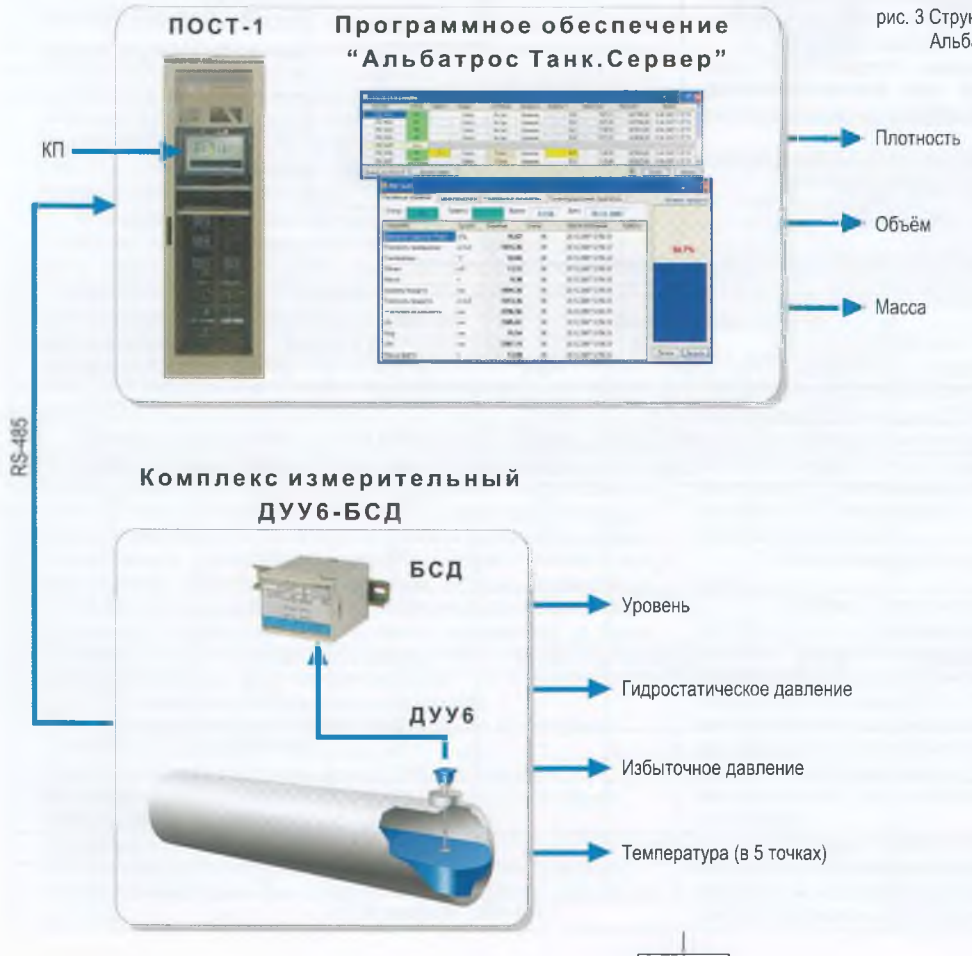


рис. 3 Структура системы измерительной Альбатрос ТанкСупервайзер

анализа виде;
- ведение архивов измерительной информации;
- расчет баланса продукта за заданный интервал времени;
- формирование и печать отчетных документов;
- передачу измерительной информации в системы более высокого уровня;
- диагностику технических средств и процессов системы.

Программа функционирует под ОС Microsoft Windows и использует компоненты Microsoft Office.

Основные параметры системы.

Система производит измерение:
- уровня, давления гидростатического столба и температуры продукта в мерах вместимости по всем ИКМ в автоматическом режиме.
- массы брутто и нетто продукта в мерах вместимости одновременно по всем ИКМ;
- значений плотности и объема продукта для рабочих условий, а также приведенных к нормальным условиям (+15°С) по всем ИКМ в автоматическом режиме.

Основные метрологические характеристики приведены в сводной *Таблице 1*. Конкретное значение погрешности измерений массы продукта, а также минимальный уровень остатка (в режиме хранения) и значение дозы принимаемого (отпускаемого) продукта должны определяться в соответствии с методикой выполнения измерений, разрабатываемой для конкретных условий применения.

Условия эксплуатации и степень защиты датчиков систем и комплексов.

Номинальные значения климатических факторов – согласно ГОСТ 15150 для климатического исполнения ОМ1,5, но при этом значения следующих факторов устанавливают равными:
- рабочая температура внешней среды от минус 45 до +75° С;
- влажность воздуха 100% при 35°С (категория 5 исполнения ОМ);
- пределы изменения атмосферного давления от 84 до 106,7 кПа;
- тип атмосферы III, IV (морская и приморскопромышленная).

Степень защиты датчиков IP68 по ГОСТ 14254 (пыленепроницаемость и защита при длительном погружении в воду).
По устойчивости к механическим воздействиям датчики соответствуют исполнению N1 по ГОСТ 12997.

Обеспечение взрывобезопасности. Датчики предназначены для установки на объектах в зонах класса 0, класса 1 и класса 2 по ГОСТ Р 51330.9, где возможно образование смесей горючих газов и паров с воздухом категории IIB согласно ГОСТ Р 51330.11 температурной группы Т5 включительно. Датчики имеет взрывозащищенное исполнение, соответствует требованиям ГОСТ Р 51330.0 и ГОСТ Р 51330.10, имеет вид взрывозащиты "Искробезопасная электрическая цепь", уровень взрывозащиты "Особовзрывобезопасный" для взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом категории IIB по ГОСТ Р 51330.11 температурной группы Т5, маркировку взрывозащиты "0ExiaIIBT5 X" по ГОСТ Р 51330.0.

Практическое использование рассмотренных выше систем объемного и объемно-массового учета связано с: товарными парками нефтедобывающих компаний, нефтебазами и складами ГСМ, топливно-заправочными комплексами (ТЗК) аэропортов, базами хим. реагентов.

Наибольшей динамикой в движении жидкостей обладают ТЗК аэропортов. Рассмотренными выше измерительными средствами в той или иной конфигурации оснащены системы управления ТЗК аэропортов в городах Петропавловск-Камчатский, Салехард, Калининград, Красноярск и др. Причем для первых двух объектов реализована передача текущей информации о состоянии ТЗК на далекие расстояния (в г. Москва) /5/.

Выводы.

Рассмотренные выше системы объемного и объемно-массового учета:
- полностью удовлетворяют требованиям существующего стандарта для учетных операций при хранении нефти и нефтепродуктов;
- благодаря лежащим в их основе процедурам измерения уровня и использования градуировочных таблиц обладают компактностью и невысокой стоимостью;
- построенные на использовании гидростатического принципа являются одними из немногих средств контроля процессов хранения нефти и нефтепродуктов;
- по своим возможностям охватывают практически весь известный спектр мер вместимости, в том числе и аппаратов, работающих под давлением;
- посредством разнообразия своих вторичных приборов делают реальными как автономную работу единичных систем учета, так и многоканальных систем (порядка сотни контролируемых мер вместимости), оснащенных средствами для формирования установленной отчетности и средствами передачи информации за десятки тысяч км;
- относятся к особовзрывобезопасному оборудованию, имеют вид взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь» и аттестованы к применению во взрывоопасных условиях;
- способны вести жидкостной баланс по объекту, мониторинг целостности мер вместимости, выявлять факты несанкционированного доступа к хранящимся ресурсам;
- просто интегрируются в состав сторонних АСУ ТП посредством стандартных промышленных интерфейсов..

Список литературы.

1. ГОСТ Р 8.595-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений. М: ИПК Издательство стандартов, 2005.
2. **Дубасов Ю.Б.** ЗАО «Альбатрос». Технологии взрывобезопасного мониторинга. // Промышленные АСУ и контроллеры, 2007 г., №9.
3. **Дубасов Ю.Б.** Типовая АСУ топливно-заправочного комплекса. // Промышлен-ные АСУ и контроллеры, 2008 г., №3.
4. **Дубасов Ю.Б.** Автоматизированные технологии взрывобезопасного мониторинга для установок подготовки нефти. // Тезисы докладов научно-практической конференции «Математическое моделирование и компьютерные технологии в разработке месторождений», Уфа, апрель 2008.
5. **Герасимов Э.А., Дубасов Ю.Б., Козлов С.А.** АСУ ТП топливно-заправочного комплекса аэропорта г. Елизово. // Комитет по авиаГСМ. Материалы заседаний. Информационный выпуск №4, 2009 г.

Коняев Е.А.
д.т.н., профессор
зав. кафедрой
АТО и РЛА
МГТУ ГА.

Козлов А. Н.
к.т.н. доцент
МГТУ ГА

Голубева М.Г.
к.х.н., доцент
МГТУ ГА.

СОСТОЯНИЕ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ КАДРОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ АВИАТОПЛИВООБЕСПЕЧЕНИЯ

Несколько слов о возникновении задачи по подготовке инженерно-технических кадров для организаций авиатопливообеспечения в Российской Федерации. Во времена СССР подготовка инженерно-технических кадров для служб ГСМ аэропортов была возложена на КИИГА. После развала Союза в новой России в течение более 10 лет этим вопросом никто не занимался. С 1997г. уполномоченные в области гражданской авиации власти форсировали работы по организации системы сертификации по аэропортовой деятельности, в том числе и по авиатопливообеспечению. Возникла острая необходимость в создании курсов повышения квалификации руководящего состава и специалистов организаций авиатопливообеспечения воздушных перевозок (курсов «ПК ПП ГСМ»). Решение этой задачи было возложено на кафедру Ремонта ЛА и АД МГТУ ГА. Учитывая новизну задачи для МГТУ ГА преподавательский состав курсов был сформирован не только из профессорского - преподавательского состава университета, но и ведущих специалистов в химмотологии НИИ гражданской авиации, министерства обороны, производителей авиаГСМ, а также технических руководителей топливозаправочных компаний Московского транспортного узла. Накопив в течение 6-7 лет работы определенный опыт при проведении занятий на курсах «ПК ПП ГСМ» по организации проведения занятий, постоянном совершенствовании программ курсов, проведении практик и стажировок, анализу выпускных работ и самое главное с учетом пожеланий и замечаний слушателей кафедрой был поставлен вопрос о возможности подготовки инженеров по ГСМ. С этой целью, при поддержке авиационных властей и особенно Комитета по авиаГСМ Ассоциации «Аэропорт» ГА (ныне Ассоциация организаций авиатопливообеспечения), руководством МГТУ ГА в 2003 году было принято решение на базе механического факультета открыть подготовку инженеров по специализации 160901 (08) «Эксплуатация и обслуживание объектов и систем топливообеспечения аэропортов и ВС ГА», а в 2007 году кафедра Р ЛА и АД была преобразована в кафедру Авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов (кафедра АТО и Р ЛА).

При тесном взаимодействии Механического факультета, кафедры АТО и Р ЛА МГТУ ГА с Егорьевским авиационном техническим колледжем в сентябре 2004г. из лучших курсантов, прошедших двух годичный курс обучения в колледже, была сформирована группа студентов и принята на третий курс МГТУ ГА на обучение по выше указанной специализации. Такая система набора студентов просуществовала в течение трех лет и была нарушена не возобновлением лицензии ЕАТК на подготовку курсантов с неполным высшим образованием. Эффективность указанной системы была подтверждена через три с половиной года обучения - из 18 выпускников 4 получили «красные» дипломы (всего в этом выпуске по механическому факультету их было 5). Три наших бывших студента продолжили свое обучение в заочной аспирантуре МГТУ ГА. Примерно 60% связали свою жизнь с авиацией. По заявлению руководства ЗАО «ТЗК Внуково» на тот период этой компанией был решен кадровый вопрос за счет подготовленных кафедрой специалистов выпуска 2007 и 2008 гг. Наши выпускники в настоящее время трудятся в топливозаправочных комплексах аэропортов Шереметьево, Домодедово, Рощино, авиакомпаниях РМАЛ – Аэрофлот, Сибирь, ВИМ-АВИА, Деловая авиация и т.п. Студенты выпусков 2008 и 2009 г.г. также постарались поддерживать высокую планку установленную первым выпуском, из более чем 50 дипломников, Государственная комиссия, возглавляемая известным специалистом в авиационных кругах гражданской авиации А.А. Емцовым, оценила дипломные работы 65% на отлично, остальные на хорошо, за эти годы была только одна тройка.

В настоящее время преподаватели кафедры работают со студентами 3, 4 и 5 курсов, которые либо полностью окончили ЕАТК, либо имеют среднее образование.

Таким образом задача, которая шесть лет назад ставилась перед МГТУ ГА, руководством университета при активной поддержки комитета авиаГСМ Ассоциации «Аэропорт» ГА и авиационных властей, уполномоченных в области гражданской авиации, решена, в России начата подготовка специалистов по специализации 160901 (08) «Эксплуатация и обслуживание объектов и систем топливообеспечения аэропортов и ВС ГА» .

Руководство и преподаватели кафедры направления авиаГСМ понимают, что в деле подготовки инженерно-технических кадров перед ними стоят задачи по дальнейшему развитию процесса обучения и, прежде всего:

1. Совершенствованию процесса обучения студентов, которые включает:
   - разработку учебно-методической литературы по дисциплинам специализации;
   - написание учебников с учетом достижений и изменений, которые произошли за последние 10 – 15 лет в деле авиатопливообеспечения в России и за рубежом;
   - применению новых методов обучения, включающих применение компьютерных технологий, облегчающих усвоение материала и обеспечивающих объективный контроль полученных знаний.
2. Освоению уже закупленного оборудования, применяемого в технологиях авиатопливообеспечения при контроле качества

и исследованиях эксплуатационных свойств авиаГСМ, а также приобретению нового оборудования, применяемого в топливозаправочных комплексах аэропортов ГА.

3. Формированию научных направлений кафедры в области проведения исследований, отвечающих современным проблемам предприятий ГА, связанным с применением авиаГСМ, включая ТЗК, инженерные службы и авиакомпании.
4. Формированию необходимой документации по открытию заочного образованию по специализации ГСМ в МГТУ ГА с учетом потребностей организаций АТО.

В настоящей статье хотелось бы обратить внимание общественности, деятельность которой связана с авиатопливообеспечением воздушных перевозок и от которой зависит будущее развитие направления авиаГСМ кафедры, на проблему набора и распределения будущих студентов. Наш Университет отраслевой и потребность в кадрах по специализации испытывает не только Московский авиационный транспортный узел, но и аэропорты всей России.

Советская система распределения выпускников разрушена и реанимации не подлежит, и по этому вопросу государством пока не предложено никакого решения.

Как в настоящее время складывается процесс трудоустройства наших студентов по специальности? На курсы повышения квалификации прибывает руководящий сотрудник ТЗК, преподаватель кафедры знакомить его со студентами, которые проживают в городе, где осуществляет свою деятельность ТЗК. Если эти два лица, договариваются кафедра направляет студента на все виды практики в это ТЗК.

По такому сценарию проводится работа с ТЗК аэропортов г. Якутск и Рощино. Но это не система, а частный случай, так как иногородних студентов у нас немного.

Руководством университета, кафедры и руководителем комитета авиаГСМ Ассоциации «Аэропорт» ГА неоднократно обсуждались эти вопросы и определенные мероприятия с их стороны намечены. Однако, по нашему мнению участниками работы в этом направлении должны быть представители государства, в лице «Росавиации» и руководителей организаций, имеющих сертификат на аэропортовую деятельность по авиатопливообеспечению.

Одному из авторов этой статьи пришлось принимать участие в процессе сертификации служб ГСМ авиапредприятий РФ ,который предусматривал и аттестацию персонала. Проводя аттестацию персонала эксперты имели дело в середине девяностых годов прошлого века с инженерным составом, большинство которого были выпускника-ми КИИГА. Однако время идет, сказывается более чем десятилетний перерыв в подготовке инженеров ГСМ в России. За прошедшее время значительно обновилось оборудование, применяемое в технологиях авиатопливообеспечения и в процессе контроля качества, в авиатопливообеспечении используются специалисты новых специальностей, внедрение западной авиатехники требует от заправщика знаний не только оборудования авиатопливообеспечения, но и знаний топливного оборудования воздушного судна и умения с ним работать как в штатной ситуации, так и в условиях отказа автоматики. Все это требует пересмотра и обновления разделов ФАПов, связанных с требованиями к руководящему и инженерному персоналу. Одно из нихинженерные должности должны занимать специалисты с высшим образованием по профилю деятельности.

В последнее время на рынке авиатопливообеспечения происходят значительные организационные изменения. Если в конце 90 годов и начале века в 30 из 60 федеральных аэропортов действовали самостоятельные топливозаправочные компании, то в настоящее время ряд крупных нефтяных российских компаний организовали вертикально интегрированные структуры по авиатопливообеспечению. Среди них - НК Роснефть, ООО «ЛУКОЙЛ –АЭРО», ЗАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-АЭРО», НК «ТНК-ВР Авиа», а также группа компаний «АЭРОФЬЭЛЗ». Таким образом происходит концентрация организаций авиатопливообеспечения и с учетом потребностей ТЗК Московского авиационного узла можно ожидать, что эти компании могут стать основными работодателями для наших выпускников. Руководством кафедры была рассмотрена схема подготовки персонала, предложенная одной из перечисленных нефтяных компаний. Схема охватывает плановое решение вопросов направления перспективного персонала, ,отобранного руководством НК для подготовки в ЕАТК, далее в МГТУ ГА, направление специалистов имеющих среднее техническое или высшее образование на переподготовку в ЕАТК или МГТУ ГА (т.е. получения второго образования по специализации), а также направление в плановом порядке на курсы повышения квалификации в упомянутые учебные заведения. К сожалению эта работа не получила дальнейшего развития, но основные положения могли бы стать основой для совместной работы перечисленных нефтяных компаний, учебных заведений системы ГА и авиационных властей, уполномоченных по выработке согласованной кадровой политики и ее реализации, целью которой было бы минимизация отрицательного влияния человеческого фактора в деле авиатопливообеспечения, задачей которого является обеспечение безопасности и регулярности воздушных перевозок.

A-II
B-5

Информационный сборник №5

Москва - 2010