

А.П.Шутько, В.Д.Павлыш

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЧИСТКИ И РЕГЕНЕРАЦИИ  
ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА АВИАПРЕДПРИЯТИЯХ**

*Приведены результаты исследования использования противообледенительных жидкостей на авиапредприятиях Украины, разработаны модель системы очистки и утилизации и блочно-модульная установка по сбору и регенерации противообледенительных жидкостей.*

Работы по обеспечению вылета воздушных судов (ВС) в условиях обледенения предусматривают удаление снега, льда, инея и изморози с их поверхности в соответствии с технологическими картами регламентных работ для конкретного типа ВС.

Борьба с обледенением ВС на земле осуществляется с помощью противообледенительных жидкостей (ПОЖ) типа "Арктика" или ПАЕА, применяемых в аэропортах Украины и на международных авиалиниях.

Противообледенительные жидкости представляют собой водный раствор этиленгликоля (пропиленгликоля) с добавкой антикоррозионной присадки, поверхностно-активного вещества (ПАВ), облегчающего смачиваемость жидкостью обрабатываемых поверхностей, и загущающей добавки.

Обработка ВС должна осуществляться на специализированных площадках, оборудованных локальными очистными сооружениями. Указанные площадки практически отсутствуют в авиапредприятиях, что приводит к загрязнению почвы и водоемов отработанными ПОЖ. Для организма человека, животных, а также для микроорганизмов почвы и воды ПОЖ представляют опасность, так как содержащийся в этой жидкости гликоль может окисляться до глиоксаля, гликолевой и щавелевой кислот, степень токсичности которых очень велика. Кроме того, опасность жидкости для всего живого обусловлена применением фенолсодержащего соединения в качестве ПАВ.

С целью решения экологических и экономических проблем проведены исследования по расходу ПОЖ авиапредприятиями Украины, количеству их в сточных водах, оценке физико-химических и эксплуатационных свойств отработанных ПОЖ и возможности их регенерации для повторного использования.

По данным авиапредприятий в период 1992–1998 гг. годовой расход ПОЖ находится в пределах 118–390 т. Среднегодовой расход жидкости в международном аэропорту "Борисполь" составляет около 200 т.

Ориентировочные нормы расхода ПОЖ на обработку одного самолета зависят от его типа и вида обработки и находятся в пределах от 40–110 л (самолет Ан–24) до 90–220 л (самолеты Ил–62, Ил–86). Со сточными водами, стекающими на площадку при обработке самолета Ил–62, поступает ~35 % от общего количества ПОЖ, а остальное остается на обшивке самолета. Рассчитанный объем стоков, образующихся при обработке одного самолета Ил–62, составляет 1320 л, концентрация этиленгликоля в сточных водах – 4,2 %. Естественно, что при многократной обработке самолетов на одной площадке, объем стоков будет соответственно больше.

В приведенных расчетах дополнительное разбавление ПОЖ за счет разбавления льдом и снегом на площадке, а также поступление в сточные воды загрязнений, смываемых с обшивки самолета, не рассматривались [1].

Отработанные ПОЖ разбавлены водой (растаявшим снегом, льдом, инеем) и загрязнены продуктами сгорания топлива, нефтепродуктами, пылью, частичками лакокрасочных материалов, и другими механическими примесями. В результате этого изменяются их физико-химические свойства и они непригодны к дальнейшей эксплуатации без предварительной очистки, так как не соответствуют требованиям ТУ 6-00-5763445-5-88 и отраслевых нормативных документов.

Для очистки отработанной ПОЖ применялось коагулирование с использованием в качестве коагулянтов оксихлоридов алюминия. Выбор указанного коагулянта вызван следующими соображениями [2].

Во-первых, благодаря ряду особых свойств (практически неограниченная растворимость, широкий интервал кислотности, высокая коагулирующая способность), оксихлориды алюминия в процессах коагуляции во многих случаях превосходят другие коагулянты. Кроме того, коагулирующие свойства оксихлоридов алюминия практически не зависят от температуры, поэтому они эффективны в различных климатических зонах страны.

Во-вторых, оксихлориды алюминия нашли широкое применение для очистки питьевой воды, городских сточных вод, сточных вод предприятий черной металлургии, нефтяной, химической и бумажной промышленности, эффективной очистки теплопередающего оборудования от отложений (накипеобразований).

В-третьих, в химической и других отраслях промышленности имеются значительные количества неиспользуемых алюминийсодержащих отходов, утилизация которых является одной из важных природоохранных задач. Разработанные способы получения оксихлоридов алюминия являются эффективными и экономичными, просты в технологическом решении, не требуют дорогостоящего оборудования и энергетических затрат.

Ранее оксихлориды алюминия для очистки ПОЖ не применялись.

В процессе оптимизации доз коагулянта определялись водородный показатель рН, кинематическая вязкость, плотность и скорость коррозии. Контрольный анализ качества очищенной ПОЖ проводился в лаборатории горюче-смазочных материалов Киевского авиапредприятия.

С целью успешного решения проблемы очистки и утилизации ПОЖ при эксплуатации ВС разработана модель системы с использованием теории системного анализа [3].

Системный анализ исходит из того, что за каждым элементом системы, за каждой ее частью признается наличие собственных целей. Однако каждая из частных целей должна быть в конечном счете подчинена общей цели, т.е. при принятии целевого решения предпочтение во всех случаях отдается более высокой ступени иерархии системы. Отсюда следует, что для использования системного анализа необходимо, прежде всего, строго сформулировать саму проблему, выяснить основные определяющие компоненты, их структуру, внешние и внутренние связи, иерархичность, а также закономерности функционирования системы.

Модель системы очистки и утилизации ПОЖ включает в себя две базисные модели  $S_1$  и  $S_2$  – семантическую и математическую. Каждой из базисных моделей соответствует множество элементарных моделей  $S_{ji}$ . Модель системы  $S$  можно условно представить в виде матрицы элементарных моделей:

$$C = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \end{vmatrix} \quad (1)$$

Элементами матрицы (1) являются элементарные модели системы очистки и утилизации ПОЖ, причем строки матрицы определяют их состав для базисных моделей. Каждая элементарная модель  $C_{ji}$  матрицы (1) определяется множеством  $M_{ji}$  компонент содержания и структурой  $S_{ji}$ , заданной на этом множестве, т.е.  $C_{ji} = (M_{ji}, S_{ji})$ . Рассматриваемая модель системы относится к классу детерминированных моделей. Рассмотрим сущность элементарных моделей системы.

Разработанная система является целенаправленной. Важнейшей проблемой является построение элементарной модели  $C_{11}$  целей. Глобальной целью является снижение экологической опасности определенного технологического процесса, т.е. защита окружающей среды от вредного воздействия ПОЖ. Целями функционирования системы являются максимальное повторное использование отработанных ПОЖ и минимальное загрязнение окружающей среды.

Функции системы определяются ее целевым назначением. Они определяют основной нормативный процесс, который должна осуществлять система. Этот процесс непосредственно зависит от уровня научно-технического прогресса и поэтому должен постоянно совершенствоваться, что обуславливает необходимость создания гибкой системы управления, способной к самоорганизации и развитию. Разработка элементарной модели  $C_{12} = (M_{12}, S_{12})$  функций непосредственно связана с выделением множеств  $M_{12}$  и определением структуры  $S_{12}$  взаимосвязей его элементов. В состав функций системы входят: обработка ВС ПОЖ на специальных стоянках (площадках), оборудованных локальными очистными сооружениями; сбор отработанных жидкостей; их очистка от пыли, нефтепродуктов, частиц лакокрасочного материала, продуктов сгорания топлива; регенерация ПОЖ, а затем их дальнейшее использование.

Выделение множеств  $M_{13}$  задач системы и определение структуры  $S_{13}$  связей между элементами этого множества позволяют получить элементарную модель  $C_{13} = (M_{13}, S_{13})$  функциональных задач системы. Задачи системы представляют собой механизм реализации функций и достижения поставленной цели. К примеру, для обработки ВС ПОЖ необходимо применять специальные машины, что сократит ее расход; очистка отработанных жидкостей может осуществляться с помощью различных методов (физико-химические, механические и др.).

Элементарная модель  $C_{21}$  критериев оптимальности системы будет определяться выражением:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 \rightarrow \min,$$

где  $Q_1$  — количество использованной жидкости;  $Q_2$  — количество утилизированной жидкости.

Минимизация значения  $\Delta Q$  тесно связана с путями реализации задач системы.

Формализованная базисная модель включает в себя элементарные модели  $C_{22}$  и  $C_{23}$  экзогенных (внешних) и эндогенных (внутренних) ограничений соответственно. К экзогенным ограничениям относятся количество выпавших осадков, производительность системы очистки, степень загрязнения жидкости, поступающей на очистку. Эндогенными ограничениями формализованной базисной модели являются показатели качества ПОЖ — поверхностное натяжение, кинематическая вязкость, плотность, водородный показатель (рН), температура кристаллизации.

Системный анализ дает возможность комплексного рассмотрения разнородных взаимодействий, определения их структуры и конечных результатов. Принятая методологическая основа позволяет рассматривать технологический процесс как составную часть суммарных глобальных взаимодействий с окружающей средой. При этом конечные результаты прямых или косвенных последствий взаимодействия рассматриваются с учетом всех стадий преобразований в окружающей среде до установившегося квазиравновесного состояния.

На основании проведенных научных исследований разработана блочно-модульная установка по сбору и регенерации ПОЖ. Она обеспечивает очистку сточных вод до норм, предусмотренных санитарными правилами и нормами.

Установка может быть использована для организации замкнутого цикла обработки ВС противообледенительными жидкостями, а также для выделения очищенной ПОЖ и использования ее либо для получения антифризов, либо в качестве антиобледенителя в других технологических процессах, связанных с удалением льдообразований с поверхностью оборудования и транспортных средств. Простота и надежность установки обеспечивает экономию средств авиапредприятию, непрерывность процесса очистки, безотходную технологию, простоту сбора и утилизации. Схема работы установки следующая.

Отработанная жидкость собирается на дренажной площадке и стекает в сборник-приямок, откуда насосом откачивается в накопитель-отстойник. Из накопительной емкости жидкость подается на установку очистки, в которую через дозатор поступает коагулянт. Очищенная ПОЖ поступает в бак готового раствора, где смешивается с исходной концентрированной ПОЖ. Регенерированная жидкость насосом подается на заправку спецмашин. Образовавшийся свежий осадок применяют для интенсификации очистки воды на других участках авиапредприятия или подвергают механической обработке (фильтр-пресс, вакуум-фильтр).

Разработанная технология очистки и регенерации ПОЖ с применением в качестве коагулянта оксихлоридов алюминия обеспечивает:

- степень очистки отработанных противообледенительных жидкостей – 80-88 %;
- экономию противообледенительных жидкостей – 20-40 %.

### Список литературы

1. *Аэродромные сооружения, механизация производственных процессов аэропортов.* Труды ГосНИИГА. Вып. 237. – М.: 1984. – 156 с.
2. *Павльши В.Д., Малахов Л.П., Рубашова Н.В.* Проблемы очистки и утилизации отработанных противообледенительных жидкостей в гражданской авиации // Средства управления охраной труда и окружающей среды на предприятиях гражданской авиации: Сб. науч. тр. – К.: КИИГА, 1992. – С. 55-58.
3. *Павльши В.Д., Шутько А.П., Малахов Л.П.* Системный анализ проблемы очистки и утилизации противообледенительных жидкостей при эксплуатации воздушных судов // Проблемы охраны труда и окружающей среды при аттестации и рационализации рабочих мест авиаспециалистов: Сб. науч. тр. – К.: КМУГА, 1994. – С.48-52.

Стаття надійшла до редакції 30 грудня 1999 року.