

УДК 629.7.063.6

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГИДРОАГРЕГАТОВ И СИСТЕМ

© 2009 В.И. Санцугов, В.М. Решетов

Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 10.07.2009

Проведен анализ действующих в промышленности методов контроля чистоты гидравлических агрегатов и систем. Предложены критерии сравнительной оценки различных технологий очистки внутренней поверхности изделий с учётом средних расходов жидкости и площади внутренних поверхностей очищаемых изделий. Приведены результаты оценки эффективности процессов очистки трубопроводов и гидроцилиндров пульсирующим и стационарным потоком жидкости при обработке гидродинамических технологий

Ключевые слова: чистота промышленная, контроль, критерии сравнительной оценки технологий, очистка пульсирующим потоком, трубопроводы, гидроагрегаты и гидроцилиндры

Жёсткие требования к чистоте рабочих жидкостей обусловлены необходимостью обеспечения высокой надёжности и ресурса авиационной техники. Нормы чистоты жидкостей определяет государственный стандарт ГОСТ 17216-2001, в соответствии с которым авиационная техника по окончании производства должна иметь не хуже 5...6 класса чистоты, а в эксплуатации должна иметь не хуже 8 класса чистоты.

Действующие в промышленности методы контроля чистоты гидравлических систем и агрегатов базируются на анализе загрязнённости жидкостей на линии слива промывочной жидкости. Такие методы имеют не только существенные недостатки, но и в ряде случаев способствуют получению искажённой информации. Так, в производстве известны ситуации, когда из заведомо “грязного” агрегата или системы вытекает чистая промывочная жидкость, и даже случаи, когда вытекающая жидкость оказывается чище, чем жидкость, поступающая на вход изделия из промывочного стенда. Объясняется это тем, что контроль чистоты жидкости производится при уменьшенном расходе. Это приводит к уменьшению касательных напряжений трения жидкости о внутреннюю поверхность агрегата и сопровождается не чисткой, а загрязнением агрегата за счет осаждения частиц на внутренние поверхности.

Еще более сложной является проблема сравнительной оценки различных технологий очистки внутренней поверхности изделий.

С этой целью нами разработаны следующие критерии.

Отношение числа выносимых частиц  $N_{ij}$ -ой размерной фракции при сравниваемых методах очистки  $N_1$  и  $N_2$  в фиксированный момент времени  $j$  в объеме стандартной пробы ( $V_{cm.n.} = 0,1 \text{ dm}^3$ )

$$K_{1эф} = N_{ij1} / N_{ij2} \Big|_{V_{cm.n.}=0,1 \text{ dm}^3} \quad (1)$$

При этом значения величин  $N_{ij}$  должны определяться как разность количества частиц загрязнений в объеме стандартной пробы  $V_{ст.п.}$  на выходе из очищаемого изделия и вносимых в изделие с промывочной жидкостью, т.е. на входе в очищаемое изделие:

$$N_{ij} = N_{ij\text{вых}} - N_{ij\text{вх}} \quad (2)$$

Поскольку различные технологии могут базироваться на отличных от средних расходах жидкости, оценка эффективности должна учитывать эти значения.

Считая, что количество частиц загрязнений, выносимых из очищаемого изделия за интервал времени  $\Delta t_j$  между очередными  $j$  и  $(j+1)$  отборами проб, есть величина постоянная, можно определить число дополнительно выносимых из

системы за время  $T = \sum_{j=1}^n \Delta t_j$  с учетом средних расходов промывочной жидкости:

$$K_{2эф} = \frac{Q_{01}\Delta t}{V_{cm.n.}} \sum_{j=1}^n N_{ij1}(t) - \frac{Q_{02}\Delta t}{V_{cm.n.}} \sum_{j=1}^n N_{ij2}(t), \quad (3)$$

Санцугов Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор. E-mail: unikon@ssau.ru.

Решетов Виктор Михайлович, заведующий учебно-научной лабораторией пневмогидравлических кафедр “Автоматические системы энергетических установок”. E-mail: vmresh@rambler.ru.

где  $Q_{01}$  и  $Q_{02}$  – средние расходы жидкостей новой и базовой технологии очистки;

$\Delta t$  - интервал времени отбора проб жидкости.

С использованием автоматических средств контроля, обеспечивающих достаточную частоту отбора проб, может быть использован интегральный критерий эффективности очистки, определяющий число частиц, дополнительно выносимых в единицу времени:

$$K_{2эф} = \frac{1}{T_{оч}} \int_0^{T_{оч}} \left[ \frac{N_{ij1}(t)Q_{01}}{V_{cm.n}} - \frac{N_{ij2}(t)Q_{02}}{V_{cm.n}} \right] dt. \quad (4)$$

С практической точки зрения представляет интерес критерий, определяющий относительное число дополнительно выносимых при очистке частиц:

$$K_{3эф} = \frac{Q_{01} \sum_{j=1}^n N_{ij1} - Q_{02} \sum_{j=1}^n N_{ij2}}{Q_{02} \sum_{j=1}^n N_{ij2}} 100\%, \quad (5)$$

который с использованием интегральных оценок имеет вид:

$$K_{3эф} = \frac{\int_0^{T_{оч}} [N_{ij1}(t)Q_{01} - N_{ij2}(t)Q_{02}] dt}{\int_0^{T_{оч}} N_{ij2}(t)Q_{02} dt} 100\%. \quad (6)$$

Данные критерии могут быть применены для сравнительного анализа эффективности различных методов очистки идентичных по геометрическим характеристикам объектов очистки и имеющих одинаковый уровень исходной загрязненности.

При оценке эффективности очистки трубопроводов различной протяженности может использоваться критерий относительного количества выносимых частиц с единицы длины трубопровода:

$$K_{4эф} = \frac{L_1}{L_2} \frac{\int_0^{T_{оч}} [N_{ij1}(t)Q_{01} - N_{ij2}(t)Q_{02}] dt}{\int_0^{T_{оч}} N_{ij2}(t)Q_{02} dt} 100\%. \quad (7)$$

В общем случае, если сравнивается эффективность очистки изделий различной конструкции, выражение (7) можно записать в виде:

$$K_{4эф} = \frac{S_1}{S_2} \frac{\int_0^{T_{оч}} [N_{ij1}(t)Q_{01} - N_{ij2}(t)Q_{02}] dt}{\int_0^{T_{оч}} N_{ij2}(t)Q_{02} dt} 100\%, \quad (8)$$

где  $S_1, S_2$  – площади внутренних поверхностей очищаемых изделий.

Разработанные критерии использовались для оценки эффективности процессов очист-

ки трубопроводов и гидроцилиндров пульсирующим и стационарным потоком жидкости при отработке гидродинамических технологий очистки.

Исследование сравнительной эффективности очистки трубопроводов проводилось на самолете Ту-154 №85578 и заключалось в следующем. В исследуемой гидролинии создавался требуемый по существующей технологии статический расход жидкости  $Q_0$ . После взятия исходной пробы чистоты жидкости создавался пульсирующий поток с заданной амплитудой  $A_0$  и частотой  $f_{оч}$ . Через каждые 5 минут времени производился отбор пары проб на выходе очищаемой магистрали и на входе в нее  $N_{вых}, N_{вх}$ . После этого выключался источник колебаний и через 30...40 секунд, необходимых для выноса смытых ранее частиц загрязнений, производился отбор пары проб жидкости на стационарном режиме. После этого проводился следующий цикл очистки на динамическом режиме в течение 5 минут. Таким образом, проводилось совмещение пульсирующего и стационарного режимов очистки на одной и той же гидролинии.

Результаты экспериментов в виде графиков изменений количества выносимых из системы частиц для различных фракций 5...10 мкм, 10-25 мкм, 25-50 мкм представлены на рис. 1.

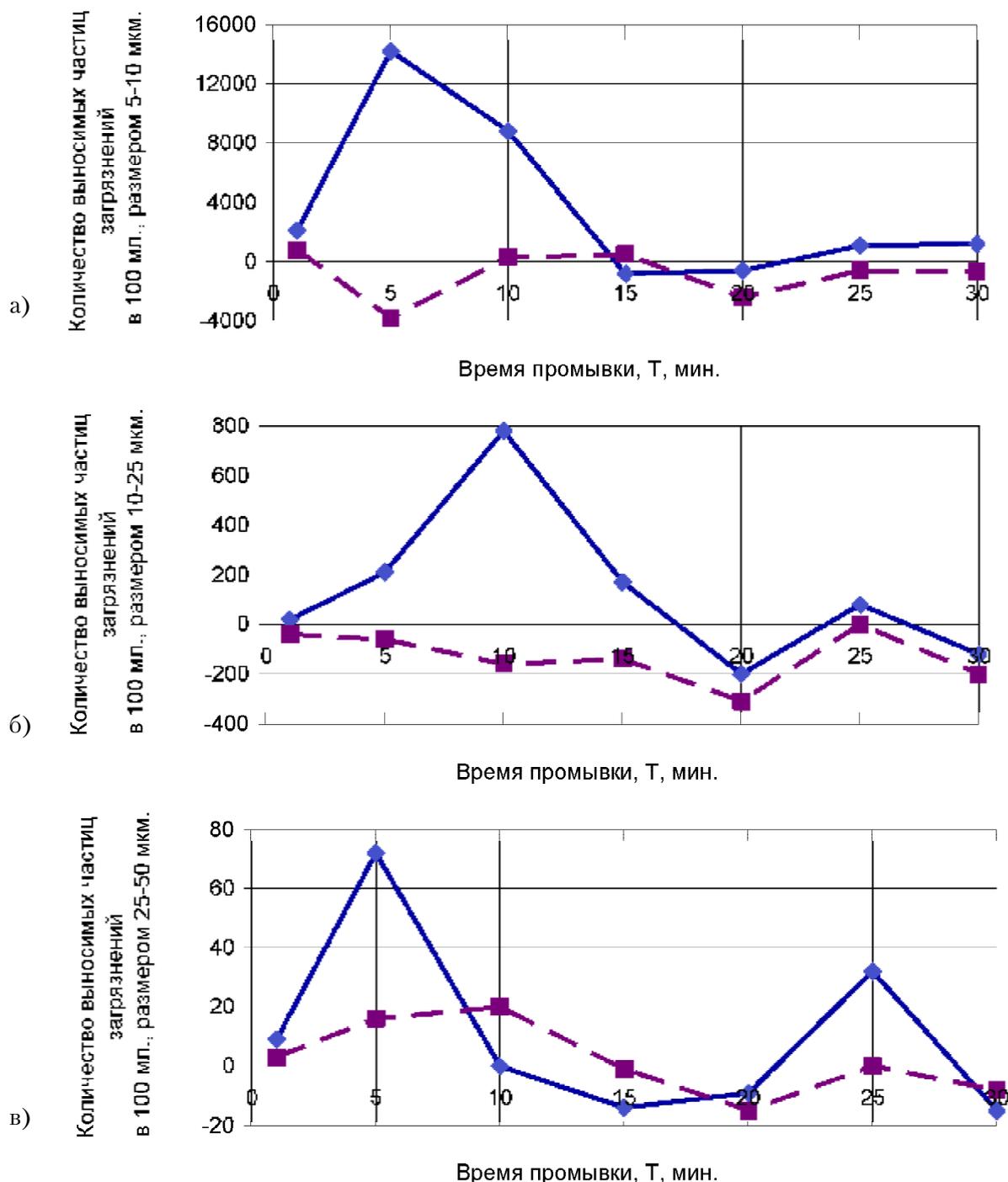
Результаты сравнительной оценки эффективности гидродинамической технологии очистки трубопроводов и стационарной прокачки жидкости показали следующее:

Количество удаляемых из системы частиц при гидродинамической очистке в несколько раз превышает соответствующий параметр стационарной очистки. Наиболее эффективно удаляются частицы мелких размерных фракций. При этом коэффициент эффективности  $K_{3эф}$  превышает значение 200...250%.

Очистка гидроцилиндров самолета Ан-124, проводимая в условиях Ульяновского завода "Авиастар", также показала высокую эффективность.

В качестве примера на рис.2 представлены результаты пульсирующей очистки гидроцилиндров по сравнению со штатным срабатыванием цилиндра. При этом количество выносимых из цилиндра частиц более, чем вдвое превышает их количество при традиционной технологии срабатывания цилиндра.

Таким образом, разработанные критерии оценки эффективности позволяют выполнить сравнительный анализ различных методов и средств очистки внутренних поверхностей элементов гидротопливных систем.



**Рис. 1.** Очистка гидролинии самолёта Ту-154 при гидродинамической и стационарной технологиях очистки:

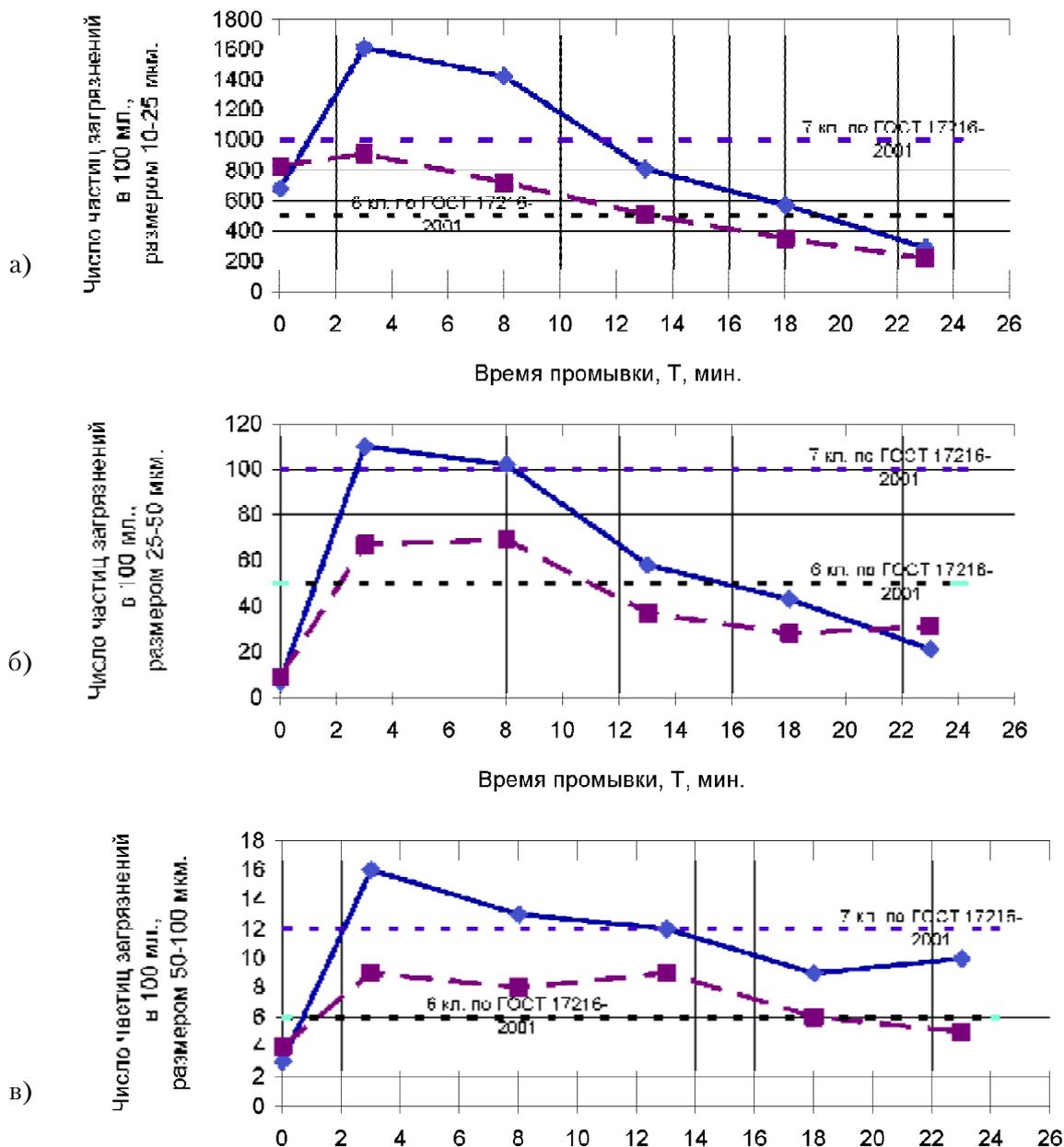
◆—◆ — очистка пульсирующим потоком; ■-■ — очистка стационарным потоком

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РТМ 1727-89. Системы гидравлические летательных аппаратов. Методы обеспечения чистоты жидкостей при гидродинамической промывке. Введ. 1990-01-01. М.: НИИСУ, 1989. 68 с.
2. Захаров А.С., Сабельников В.И. Авиационное гидравлическое оборудование: учебное пособие. Новоси-

бирск: Изд-во НГТУ, 2006. 391 с.

3. Тимиркеев Р.Г., Сапожников В.М. Промышленная чистота и тонкая фильтрация рабочих жидкостей летательных аппаратов. М: Машиностроение, 1986. 152 с.
4. Рожков Н.Н. Контроль качества при производстве летательных аппаратов: учебное пособие. М: Машиностроение, 2007. 416 с.



**Рис. 2.** Очистка гидроцилиндра самолёта Ан-124

при гидродинамической и действующей технологиях очистки:

◆—◆ – очистка пульсирующим потоком; ■-■ – очистка стационарным потоком

**DECREASING OF HYDRODYNAMIC CLEANING OF HYDRONUNITS AND SYSTEM**

© 2009 V.I. Sanchugov, V.M. Reshetov

Samara State Aerospace University

This paper presents the analysis of control cleaning methods of hydraulic units and system. Suggest the comparative estimate criteria of different cleaning technology of inside surface article with calculation of average flow rate and inside surface area by cleaning article. Presents results of cleaning decreasing estimate of pipeline and hydraulic cylinder by oscillation and station flow of fluid in the time of hydrodynamic technology working.

Key words: cleaning, control, hydraulic units and system, hydrodynamic technology, oscillation and station flow.

*Valery Sanchugov, Doctor of Technics, Professor.*

*E-mail: unikon@ssau.ru.*

*Victor Reshetov, Teaching and Research Pneumatic and Hydraulic Systems Laboratory Head at the Automatic Systems of Power Plant Department. E-mail: vmresh@rambler.ru.*