

## **Модель системы контроля и управления турбомеханизмами\***

**Ю.Ф. МУХОПАД, Д.А. ФИЛАТОВ**

Предложена методика контроля и управления для турбомеханизмов, применяемых в производстве для экологической очистки воздуха от пыли, а также для очистительной системы на железной дороге. Предложена схема автомата системы контроля и управления для турбомеханизмов. Алгоритм управления и контроля получен методом системного анализа с использованием аппарата сетей Петри.

**Ключевые слова:** автомат, турбомеханизмы, контроль, управление, вихревая труба, ультразвук, сирена, информационно-управляющие системы реального времени.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В промышленности в качестве турбомеханизмов для очистки газа от пыли используются высокопроизводительные прямоточные циклоны [1], вихревые трубы прямоточного и противоточного типа [2, 3].

В сибирских регионах серьезную опасность для движения поездов представляют обильные снегопады и вызываемые ими снежные заносы. Наиболее уязвимыми элементами пути при этом являются стрелочные переводы и, в первую очередь, стрелки в зоне примыкания остряжков и рамных рельсов, а также шпальные ящики с переводными тягами.

В настоящее время широкое применение на сети железных дорог Российской Федерации нашла пневматическая двухпрограммная автоматическая очистка от снега стрелочных переводов. Очистка производится обдувкой меж рельсового пространства сжатым воздухом, подаваемым по специальной пневмомагистрали [4].

Для наиболее эффективной очистки стрелок от снега и льда имеет смысл модернизировать существующую пневмоочистку использованием вихревого эффекта и ультразвука для дробления и топления снега и льда. Могут быть использованы системы с применением таких турбомеханизмов, как вихревая труба противоточного типа [3] и ультразвуковая статическая сирена [5, 6]. Для эффективной эксплуатации всех элементов системы необходимо ее контролировать и диагностировать на всем протяжении периода ее работы в режиме реального времени в связи с тем, что при малейшем изменении давления входного сжатого воздуха изменяется температура горячего сжатого воздуха в вихревой трубе и мощность ультразвука в сирене.

В вихревой трубе неизбежно происходит колебание давления сжатого воздуха, что приводит к потере мощности ультразвука в сирене. Необходимость поддерживать исправную работу системы очистки регулированием и контролем давления сжатого воздуха в режиме реального времени может быть реализована созданием системы управления и контроля турбомеханизмами.

Анализ указанных процессов выполнялся ранее в ряде работ [1, 2, 3], однако до сих пор не рассматривался вопрос комплексного взаимодействия горячего воздуха с ультразвуком.

В настоящей статье на базе рассмотренных ранее вопросов математического и аналитического описания процессов турбулентного движения воздушной среды для анализа зависимостей давления и температуры в разных точках вихревой камеры и влияния этих параметров на мощность ультразвука в сирене в качестве базового метода анализа используется

---

\*Статья получена 10 февраля 2013 г.

аппарат сетей Петри. Анализ вычислительных процессов с помощью сетей Петри с запрещающими дугами впервые предложен в работе [7]. Метод сетей Петри получил свое развитие и был использован далее в работах [8–10]. Для задачи программирования и управления сети Петри применены в работах [11, 12]. Метод исследования, применяемый в данной статье, приведён в работе [13]. Однако применительно к анализу турбо-механизмов такие методы не использовались.

Для реализации задачи управления и контроля рассмотрим ультразвуковую систему очистки с применением вихревого эффекта (рис. 1) как технологический процесс, состоящий из 4-х взаимодействующих модулей [14, 15]:

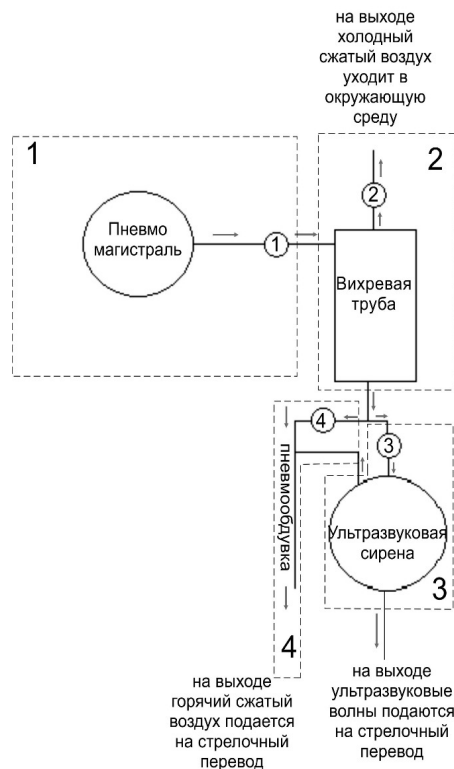


Рис. 1. Система очистки железнодорожных стрелок с применением вихревого эффекта и ультразвука

Сжатый воздух поступает в вихревую камеру (модуль 2) с пневмомагистрали (модуль 1) и регулируется дросселем 1. Далее сжатый воздух делится на два потока (горячий и холодный), выходит через горячий и холодный выход вихревой трубы и регулируется дросселем 2 на холодном выходе. Часть горячего сжатого воздуха поступает в ультразвуковую сирену, а другая часть – в пневмообдувку (модули 3 и 4), горячий сжатый воздух в 3 и 4 модуле регулируется, соответственно, дросселем 3 и 4. После прохождения через ультразвуковую сирену отработанный сжатый воздух на 99 % возвращается в пневмообдувку, а сгенерированные им ультразвуковые волны в сирене, наряду со сжатым горячим воздухом пневмообдувки, поступают на стрелочный перевод.

Для создания и реализации системы управления вихревой трубой и ультразвуковой сиреной необходимо исследовать математическую модель для оценки взаимовлияния управляющих параметров и получения алгоритма и аппаратной модели.

Для обеспечения управления и контроля турбомеханизмов необходимо исследовать сетевую математическую модель (сеть Петри). Рассмотрим сеть Петри системы управления и контроля турбомеханизмами (рис. 2) и ее списки событий и условий, приведенные в табл. 1 и 2.

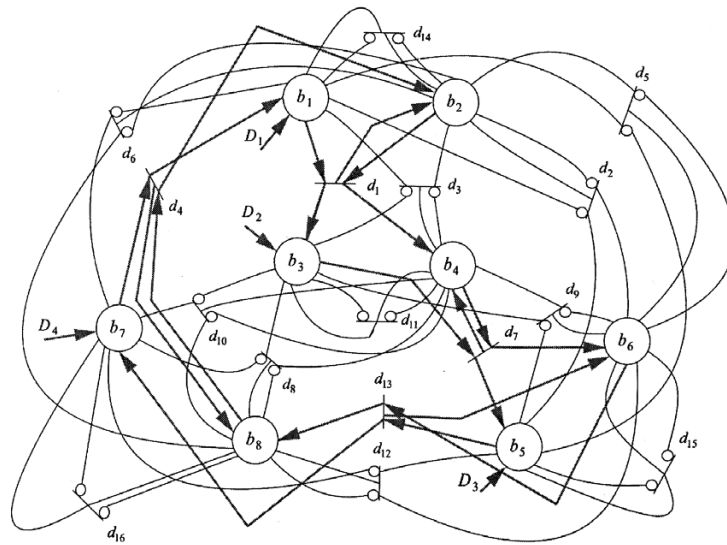


Рис. 3. Сеть Петри системы управления и контроля турбомеханизмами

Таблица 1

Список событий

Обозначение	Событие
$d_1$	Переход от модуля 1 к модулю 2 (Сравнение $p_1$ и $P_1$ , $t_1$ и $T_1$ )
$d_2$	Переход от модуля 1 к модулю 3 (Сравнение $p_1$ и $P_1$ , $t_1$ и $T_1$ )
$d_3$	Возврат из модуля 2 к модулю 1 (Сравнение $p_c$ и $P_c$ , $t_c$ и $T_c$ )
$d_4$	Возврат из модуля 4 к модулю 1 (Сравнение $p_{st1}$ и $P_{st1}$ , $t_{st1}$ и $T_{st1}$ )
$d_5$	Возврат из модуля 3 к модулю 1 (Сравнение $t_{s1}$ и $P_{s1}$ , $t_{s1}$ и $T_{s1}$ )
$d_6$	Переход от модуля 1 к модулю 4 (Сравнение $p_1$ и $P_1$ , $t_1$ и $T_1$ )
$d_7$	Переход от модуля 2 к модулю 3 (Сравнение $p_c$ и $P_c$ , $t_c$ и $T_c$ )
$d_8$	Возврат из модуля 4 к модулю 2 (Сравнение $p_{st1}$ и $P_{st1}$ , $t_{st1}$ и $T_{st1}$ )
$d_9$	Возврат из модуля 3 к модулю 2 (Сравнение $t_{s1}$ и $P_{s1}$ , $t_{s1}$ и $T_{s1}$ )
$d_{10}$	Переход от модуля 2 к модулю 4 (Сравнение $p_c$ и $P_c$ , $t_c$ и $T_c$ )
$d_{11}$	Переход к завершению работы модуля 2, завершение работы микропроцессорной системы. Отключение системы пневмоочистки.
$d_{12}$	Возврат из модуля 4 к модулю 3 (Сравнение $p_{st1}$ и $P_{st1}$ , $t_{st1}$ и $T_{st1}$ )
$d_{13}$	Переход от модуля 3 к модулю 4 (Сравнение $t_{s1}$ и $P_{s1}$ , $t_{s1}$ и $T_{s1}$ )
$d_{14}$	Переход к завершению работы модуля 1, завершение работы микропроцессорной системы. Отключение системы пневмоочистки.
$d_{15}$	Переход к завершению работы модуля 3, завершение работы микропроцессорной системы. Отключение системы пневмоочистки.
$d_{16}$	Переход к завершению работы модуля 3, завершение работы микропроцессорной системы. Отключение системы пневмоочистки.



Таблица 3

Матрица смежности маршрута  $Q$

Разметка	$b_1b_2$	$b_2b_3b_4$	$b_2b_4b_5b_6$	$b_2b_4b_6b_7b_8$
$b_1b_2$	$d_{14}p_{14}$	$d_1p_1$	$d_2p_2$	$d_6p_6$
$b_2b_3b_4$	$d_3p_3$	$d_{11}p_{11}$	$d_7p_7$	$d_{10}p_{10}$
$b_2b_4b_5b_6$	$d_5p_5$	$d_9p_9$	$d_{15}p_{15}$	$d_{13}p_{13}$
$b_2b_4b_6b_7b_8$	$d_4p_4$	$d_8p_8$	$d_{12}p_{12}$	$d_{16}p_{16}$

Согласно информации от датчиков  $D_1 - D_4$  определяются все возможные условия срабатывания переходов и функций выходов, на базе которых строится граф  $\Gamma_2$ . Граф  $\Gamma_2$  отображает разметку сети Петри, т. е. выявляет все возможные состояния управляющей подсистемы и переходы между ними.

Полученный граф  $\Gamma_2$  является основой для построения микропроцессорной системы управления турбо-механизмами [16, 17].

После построения графа  $\Gamma_2$  необходимо составить матрицу смежности  $Q$ , возведенную в квадрат, для определения цепей длины 2, которая выделяет из графа  $\Gamma_2$  все возможные нулевые и последующие переходы и состояния по ходу их следования от нулевого состояния. Минимизированная матрица  $Q_m^2$  выявляет все необходимые состояния и переходы для работы системы управления и контроля турбомеханизмами. Выявленные состояния соответствуют выполняемым микрокомандам  $A_i$  системы управления и контроля, которые включают в себя необходимые наборы микроопераций  $C_j$  для выполнения микрокоманд. Выявленные переходы  $\alpha_k$ , согласно условиям срабатывания переходов, переводят систему управления и контроля турбомеханизмами от выполнения одной микрокоманды к другой. Набор микрокоманд, микроопераций и переходов напрямую зависит от управляемых параметров систем турбомеханизмов и для каждой такой системы выбирается свой набор.

На основании управляемых параметров системы турбомеханизмов [15] составляется таблица микроопераций и микрокоманд для системы управления и контроля турбомеханизмами (табл. 4).

Таблица 4

Таблица микроопераций и микрокоманд

$C_0$	Установка нулевого состояния
$C_1$	Запись кода
$C_2$	Считывание прямого кода $D_1$
$C_3$	Считывание прямого кода $D_2$
$C_4$	Считывание прямого кода $D_3$
$C_5$	Считывание прямого кода $D_4$
$C_6$	Считывание обратного кода $D_1$
$C_7$	Считывание обратного кода $D_2$

Продолжение табл. 4

$C_8$	Считывание обратного кода $D_3$
$C_9$	Считывание обратного кода $D_4$
$C_{10}$	Синхронизация первого блока элементов (Параметры температуры $t_1$ и давления $p_1$ )
$C_{11}$	Синхронизация второго блока элементов (Параметры температуры $t_c$ и давления $p_c$ ).
$C_{12}$	Синхронизация третьего блока элементов (Параметры температуры $t_{s1}$ и давления $p_{s1}$ )
$C_{13}$	Синхронизация четвертого блока элементов (Параметры температуры $t_{st1}$ и давления $p_{st1}$ )
$C_{14}$	Установка «0» $Pг \alpha(t)$
$C_{15}$	Установка «0» $Pг \alpha(t+1)$
$C_{16}$	Считывание с $Pг \alpha(t)$
$C_{17}$	Считывание с $Pг \alpha(t+1)$
$C_{18}$	Запись в $Pг \alpha(t)$
$C_{19}$	Запись в $Pг \alpha(t+1)$
$C_{наг}$	Сигнал остановки устройства после завершения работы
$C_{ош}$	Сигнал ошибки переходов, остановка работы устройства
$\alpha_0$	Отсутствует входной поток сжатого воздуха с параметром давления $p_1$
$\alpha_1$	Параметр температуры $t_1$ с датчика $D_1$ принадлежит пределу рабочей температуры $[T_{1min}; T_{1max}]$
$\alpha_2$	Параметр давления $p_1$ с датчика $D_1$ принадлежит пределу рабочего давления $[P_{1min}; P_{1max}]$
$\alpha_3$	Параметр давления $p_1$ с датчика $D_1$ равен рабочему давлению $P_1$
$\alpha_4$	Параметр давления $p_1$ с датчика $D_1$ меньше рабочего давления $P_1$
$\alpha_5$	Отсутствует выходной поток сжатого воздуха с параметром давления $p_c$
$\alpha_6$	Параметр температуры $t_c$ с датчика $D_2$ принадлежит пределу рабочей температуры $[T_{cmin}; T_{cmax}]$
$\alpha_7$	Параметр давления $p_c$ с датчика $D_2$ принадлежит пределу рабочего давления $[P_{cmin}; P_{cmax}]$
$\alpha_8$	Параметр давления $p_c$ с датчика $D_2$ равен рабочему давлению $P_c$

Продолжение табл. 4

$\alpha_9$	Параметр давления $p_c$ с датчика $D_2$ меньше рабочего давления $P_c$	
$\alpha_{10}$	Отсутствует выходной поток сжатого воздуха с параметром давления $p_{s1}$	
$\alpha_{11}$	Параметр температуры $t_{s1}$ с датчика $D_3$ принадлежит пределу рабочей температуры $[T_{s1min}; T_{s1max}]$	
$\alpha_{12}$	Параметр давления $p_{s1}$ с датчика $D_3$ принадлежит пределу рабочего давления $[P_{s1min}; P_{s1max}]$	
$\alpha_{13}$	Параметр давления $p_{s1}$ с датчика $D_3$ равен рабочему давлению $P_{s1}$	
$\alpha_{14}$	Параметр давления $p_{s1}$ с датчика $D_3$ меньше рабочего давления $P_{s1}$	
$\alpha_{15}$	Параметр температуры $t_{st1}$ с датчика $D_4$ принадлежит пределу рабочей температуры $[T_{st1min}; T_{st1max}]$	
$\alpha_{16}$	Параметр давления $p_{st1}$ с датчика $D_4$ принадлежит пределу рабочего давления $[P_{st1min}; P_{st1max}]$	
$\alpha_{17}$	Параметр давления $p_{st1}$ с датчика $D_4$ равен рабочему давлению $P_{st1}$	
$\alpha_{18}$	Параметр давления $p_{st1}$ с датчика $D_4$ меньше рабочего давления $P_{st1}$	
$A_0$	Установка нулевого состояния системы	$C_0$
$A_1$	Получение промежуточного результата, обнуление регистра (проверка значений параметров температуры и давления, рабочей температуры и давления, максимальных и минимальных отклонений от фиксированного значения рабочей температуры и давления)	$C_{14}, C_{15}, C_{16}$
$A_2$	Проверка промежуточного результата (оператор включен на измерение параметра давления $p_1$ )	$C_2, C_6, C_{16}, C_{17}$
$A_3$	Выдача результата (вывод данных $t_1$ и $p_1$ )	$C_{16}, C_{17}$
$A_4$	Проверка промежуточного результата (оператор включен на измерение параметра давления $p_c$ )	$C_3, C_7, C_{16}, C_{17}$
$A_5$	Вывод данных (вывод данных $t_1, p_1, t_c, p_c$ )	$C_{16}, C_{17}$
$A_6$	Проверка промежуточного результата (оператор включен на измерение параметра давления $p_{s1}$ )	$C_4, C_8, C_{16}, C_{17}$
$A_7$	Вывод данных (вывод данных $t_1, p_1, t_c, p_c, t_{s1}, p_{s1}$ )	$C_{16}, C_{17}$
$A_8$	Проверка промежуточного результата (оператор включен на измерение параметра давления $p_{st1}$ )	$C_5, C_9, C_{16}, C_{17}$
$A_9$	Вывод данных (вывод данных $t_1, p_1, t_c, p_c, t_{s1}, p_{s1}, t_{st1}, p_{st1}$ )	$C_{16}, C_{17}$
$A_{10}$	Подготовка к завершению работы. Закрытие всех заслонок воздушного потока	$C_{14}, C_{15}, C_{наг}, C_{ош}$

Окончание табл. 4

$A_{11}$	Уравнение параметра давления $p_1$ и рабочего давления $P_1$ по средствам вращения электродвигателя против часовой стрелки, открытие заслонки воздушного потока	$C_{10}, C_{18}, C_{19}$
$A_{12}$	Уравнение параметра давления $p_1$ и рабочего давления $P_1$ по средствам вращения электродвигателя по часовой стрелке, закрытие заслонки воздушного потока	$C_{10}, C_{18}, C_{19}$
$A_{13}$	Уравнение параметра давления $p_c$ и рабочего давления $P_c$ по средствам вращения электродвигателя против часовой стрелки, открытие заслонки воздушного потока	$C_{11}, C_{18}, C_{19}$
$A_{14}$	Уравнение параметра давления $p_c$ и рабочего давления $P_c$ по средствам вращения электродвигателя по часовой стрелке, закрытие заслонки воздушного потока	$C_{11}, C_{18}, C_{19}$
$A_{15}$	Уравнение параметра давления $p_{s1}$ и рабочего давления $P_{s1}$ по средствам вращения электродвигателя против часовой стрелки, открытие заслонки воздушного потока	$C_{12}, C_{18}, C_{19}$
$A_{16}$	Уравнение параметра давления $p_{s1}$ и рабочего давления $P_{s1}$ по средствам вращения электродвигателя по часовой стрелке, закрытие заслонки воздушного потока	$C_{12}, C_{18}, C_{19}$
$A_{17}$	Уравнение параметра давления $p_{st1}$ и рабочего давления $P_{st1}$ по средствам вращения электродвигателя против часовой стрелки, открытие заслонки воздушного потока	$C_{13}, C_{18}, C_{19}$
$A_{18}$	Уравнение параметра давления $p_{st1}$ и рабочего давления $P_{st1}$ по средствам вращения электродвигателя по часовой стрелке, закрытие заслонки воздушного потока	$C_{13}, C_{18}, C_{19}$

На основании таблицы микроопераций и микрокоманд получен алгоритм работы системы управления и контроля для турбомеханизмов в форме логической схемы (ЛСА):

$$\begin{aligned}
& A_0 A_1 \downarrow^1 \alpha_0 \uparrow^2 \beta_1 \alpha_1 \uparrow^2 \beta_2 \alpha_2 \uparrow^2 A_2 \alpha_3 \uparrow^3 A_3 \alpha_5 \uparrow^2 \beta_4 \alpha_6 \uparrow^2 \beta_5 \alpha_7 \uparrow^2 A_4 \alpha_8 \uparrow^4 A_5 \alpha_{10} \uparrow^2 \\
& \beta_7 \alpha_{11} \uparrow^2 \beta_8 \alpha_{12} \uparrow^2 A_6 \alpha_{13} \uparrow^5 A_7 \alpha_{15} \uparrow^2 \beta_{10} \alpha_{16} \uparrow^2 A_8 \alpha_{17} \uparrow^6 A_9 \uparrow^1; \downarrow_2 A_{10} A_9 A_k; \\
& \downarrow^3 \beta_3 \alpha_4 \uparrow^7 A_{11} \uparrow^1; \downarrow^4 \beta_6 \alpha_9 \uparrow^8 A_{13} \uparrow^1; \downarrow^5 \beta_9 \alpha_{14} \uparrow^9 A_{15} \uparrow^1; \downarrow^6 \beta_{11} \alpha_{18} \uparrow^{10} A_{17} \uparrow^1; \\
& \downarrow^7 A_{12} \uparrow^1; \downarrow^8 A_{14} \uparrow^1; \downarrow^9 A_{16} \uparrow^1; \downarrow^{10} A_{18} \uparrow^1.
\end{aligned}$$

Алгоритм контроля и управления турбо-механизмами приведен с включенными пустыми операторами  $\beta_1 - \beta_{11}$ . Пустые операторы ставятся в том случае, если между двумя логическими операторами  $\alpha_i$  и  $\alpha_j$  отсутствует оператор действия  $A_k$ , или к логическому оператору  $\alpha_j$  передается управление более чем от одного оператора (возможно и логического). Такая модификация граф-схемы алгоритма позволяет использовать наиболее экономичную схему микропрограммного автомата [18], в которой сложность основной комбинационной схемы переходов из состояния  $\alpha(t)$  в  $\alpha(t+1)$  уменьшается в  $2^{q-1}$  раз.

В данном ГСА 18 логических условий и 32 состояния с соответствующим  $m$ -разрядным кодом состояния. Объем ПЗУ для схемы  $F_1$  при реализации по классической схеме автомата



Мура [19] составит  $V = m \cdot 2^{m+q}$ . Так как ПЗУ (ПЛМ) выпускается с числом выходов 4, 8, то  $V = 8 \cdot 2^{5+18} = 2^{26} = 64$  Мбита. Тогда как для нового автомата [18] объем ПЗУ  $W = m \cdot 2^{m+1} = 8 \cdot 2^{5+1} = 2^9 = 0,512$  кбит. Введение схемы  $F_3$  и мультиплексора эквивалентны увеличению объема  $W$  в 2 раза, т. е.  $W = 1$  кбит, вместо 64 Мбит.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системный анализ процессов движения воздушной среды в турбомеханизмах является основой для логического проектирования и построения схем автоматов для управления и контроля турбомеханизмами.

Подтверждена эффективность применения методики управления и контроля турбомеханизмами с использованием аппарата сетей Петри.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Асламова В.С.** Прямочные циклоны. Теория, расчет, практика / В.С. Асламова. – Ангарск, 2008. – 233 с.
- [2] **Гуцол А.Ф.** Эффект Ранка / А.Ф. Гуцол. – Кольск, 1997. – 687 с.
- [3] **Меркулов А.П.** Вихревой эффект и его применение в технике / А.П. Меркулов. – М.: Машиностроение, 1969. – С. 7–64.
- [4] **Берещанский А.П.** Автоматическая пневмоочистка стрелок. Напольное оборудование и воздухопроводная сеть. Типовые материалы для проектирования: ОАО «РОСЖЕЛДОРПРОЕКТ» / А.П. Берещанский. – М., 2006. – С. 1–29.
- [5] **Розенберг Л.Д.** Источники мощного ультразвука. Физика и техника мощного ультразвука / Л.Д. Розенберг. – М.: Наука, 1967. – С. 94–106.
- [6] **Филатов Д.А.** Применение сирены, как ультразвукового излучателя на железной дороге / Д.А. Филатов // Проблемы транспорта Восточной Сибири: материалы науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов электромеханического факультета ИрГУПС. – Иркутск: ИрГУПС, 2012. – С. 117–119.
- [7] **Мухопад Ю.Ф.** Автоматная интерпретация устройств контроля и управления / Ю.Ф. Мухопад, Л.М. Сербуленко. – Новосибирск: НЭТИ, 1992. – С. 41–49.
- [8] **Мурага Т.** Сети Петри / Т. Мурага // ТИИЭР. – 1984. – 260 с.
- [9] **Гуревич Д.С.** Поглощающие сети Петри при проектировании ЦВС / Д.С. Гуревич // Автоматика и вычислительная техника. – 1990. – № 3. – С. 80–87.
- [10] **Васильев В.В.** Сети Петри, параллельные алгоритмы и модули МПС / В.В. Васильев, В.В. Кузьмин. – Киев: Наукова думка, 1991. – 216 с.
- [11] **Воевода А.А.** Использование UML диаграмм и временных сетей Петри при разработке программного обеспечения / А.А. Воевода, Д.О. Романиков // Сб. науч. трудов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – № 3 (61). – С. 61–70.
- [12] **Щербаков И.В.** Интеллектуализация автоматизированной системы аналитического контроля состава продуктов предприятий металлургии: автореф. дис. ... канд. техн. наук / И.В. Щербаков. – Иркутск: ИрГУПС, 2013. – 24 с.
- [13] **Мухопад Ю.Ф.** Микроэлектронные системы управления / Ю.Ф. Мухопад. – Братск: БрГУ, 2009. – 285 с.
- [14] **Филатов Д.А.** Методика контроля и управления турбо-механизмами / Д.А. Филатов, Ю.Ф. Мухопад // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – № 4 (36). – С. 117–125.
- [15] **Филатов Д.А.** Математическое описание процессов в системе ультразвуковой очистки железнодорожных стрелок с применением вихревого эффекта / Д.А. Филатов // Системы. Методы. Технологии. – 2012. – № 4 (16). – С. 82–86.
- [16] **Филатов Д.А.** Микропроцессорные системы управления турбо-механизмами. Информационные системы контроля и управления в промышленности и на транспорте / Д.А. Филатов // Сб. науч. тр. под ред. Ю.Ф. Мухопада. – Иркутск: ИрГУПС, 2011. – Вып. 19. – С. 118–121.
- [17] **Филатов Д.А.** Структура микропроцессорной системы управления турбо-механизмами на базе микроконтроллера семейства HC08. Информационные системы контроля и управления в промышленности и на транспорте / Д.А. Филатов // Сб. науч. тр. под ред. Ю.Ф. Мухопада. – Иркутск: ИрГУПС, 2011. – Вып. 20. – С. 53–60.
- [18] **Мухопад А.Ю., Мухопад Ю.Ф.** Микропрограммный автомат. Патент РФ полезн. модель № 064785 от 15.12.2008.
- [19] **Мухопад Ю.Ф.** Теория дискретных устройств / Ю.Ф. Мухопад. – Иркутск: ИрГУПС, 2010. – 172 с.

*Мухопад Юрий Федорович*, доктор технических наук, заслуженный профессор Иркутского государственного университета путей сообщения, заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик академии естествознания, академии космонавтики, Российской академии инженерных наук, Нью-Йоркской академии наук. Научное направление: технические науки. Имеет более 65 изобретений и 250 научных работ. E-mail: [bts48@mail.ru](mailto:bts48@mail.ru)

*Филатов Дмитрий Алексеевич*, аспирант кафедры «Управление техническими системами» Иркутского государственного университета путей сообщения. Основное направление научных исследований: управление техническими системами. Имеет 8 публикаций. E-mail: [drugs1989@mail.ru](mailto:drugs1989@mail.ru)

**Mukhopad Yu.F., Filatov D.A.**

*Model of monitoring system and management of turbo-mechanisms*

Technique monitoring and managements for the turbo-mechanisms applied in manufacture for ecological clearing of air of a dust, and as for cleaning system on the railway is offered. The scheme of the automatic machine of the monitoring system and management for turbo-mechanisms is offered. The algorithm of management and control is received by a method of the system analysis with use of the device of Petri's networks.

**Key words:** the automatic machine, turbo-mechanisms, control, management, vortical pipe, ultrasound, siren, information-operating systems of real time.