

Автоматизация и Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

Главный редактор
В.Л. Белоусов

РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ:
Бучаченко А.Л.
Гусев А.А.
Дегтярев Ю.И.
Елисеев В.А.
Иванов А.П.
Мальцева С.В.
Нефедов Е.И.
Шебалин И.Ю.
(заместитель главного редактора)

6

2013

УЧРЕДИТЕЛИ:
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАУЧНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ
ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ

Журнал зарегистрирован 9 апреля
1999 г. за № 018684 в Комитете
Российской Федерации по печати

Журнал входит в перечень
утверждённых ВАК РФ изданий
для публикации трудов соискателей
учёных степеней

ООО «Издательство Машиностроение»

РЕДАКЦИЯ:
Шебалин И.Ю. — зам. главного редактора
Осипова В.Г. — научный редактор
Богус С.В. — секретарь

Адрес редакции:
107076, Москва,
Стромынский пер., 4
Тел.: (499) 748 0290,
E-mail: ast@mashin.ru; http://www.mashin.ru

Адрес издательства:
107076, Москва,
Стромынский пер., 4
Тел.: (499) 268 3858,
факс: (499) 269 4897

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Тусупбеков Б.К., Намазбаев Т.С. Математические модели изменений температуры металла для автоматизированного управления конвертерной плавкой при переделе фосфористого чугуна 3

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Чижиков В.И. Расчёт профиля главной центральной оси пружины Бурдона по заданной составляющей тягового усилия 6

Жуков В.А. Совершенствование технологии очистки систем охлаждения энергетических установок и технологического оборудования 12

Святский В.М., Сентяков Б.А., Сентяков К.Б. Расчёт средней скорости и моделирование воздушного потока в рабочей зоне дутьевой головки 20

Голубева А.А., Гриценко Ю.Б., Салмина Н.Ю. Моделирование времени эвакуации людей из зданий и сооружений при возникновении пожаров с использованием нечётких временных сетей Петри 24

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Белоусов В.Л., Дегтярёв Ю.И., Сергеев М.В. Концептуальные основы формирования многоотраслевой системы государственной экспертизы 30

Поршинев С.В., Якоб Д.А. Построение имитационной модели информационной контрольно-пропускной системы объекта проведения массовых мероприятий 39

ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

Компания Cisco приступила к производству в России четвёртого семейства своих продуктов 45

ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов 46

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

Tusupbekov B.K., Namazbaev T.S. Mathematical models of the metal temperature changes for the converter melting automatic control in the course of phosphorous cast iron repartition 3

MODERN TECHNOLOGIES

Chizhikov V.I. The profile calculation of the Burdon spring main central axis for the set component of tractive effort 6

Zhukov V.A. Technology improvements of the cooling cleaning systems for power installations and technological equipment 12

Svyatskiy V.M., Sentyakov B.A., Sentyakov K.B. Average velocity calculation and the air flow modelling in the working zone of the blowing head 20

Golubeva A.A., Gritsenko Yu.B., Salmina N.Yu. People evacuation time modelling from buildings and constructions at fires emergence through the use of fuzzy temporary Petri net 24

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC AKTIVIES

Belousov V.L., Degtyarev Yu.I., Sergeev M.V. Forming conceptual bases of diversified system of the state examination 30

Porshnev S.V., Yakob D.A. Simulation model construction of the information control-throughput system for the public actions object 39

EXHIBITIONS AND PRESENTATIONS

The company Cisco has started production of its fourth family of products in Russia 45

SURVEY OF PERIODICALS

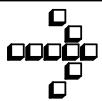
Periodicals review 46

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу «Роспечать» — 70537, по каталогу «Пресса России» — 27838, по «Каталогу российской прессы «Почта России» — 60267) или непосредственно в издательстве по факсу: (499) 269 4897, по e-mail: realiz@mashin.ru, на сайте www.mashin.ru (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефоны для справок: (499) 269 6600, 269 5298

Сдано в набор 29.03.13. Подписано в печать 27.05.13.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Цена свободная

Отпечатано в ООО «Белый ветер»
115407, Москва, Нагатинская наб., 54

Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Автоматизация и современные технологии» обязательна.
За содержание рекламных материалов ответственность несёт рекламодатель



УДК 622.669:519.711.3

Б.К. Тусупбеков, канд. техн. наук, доц., **Т.С. Намазбаев**, д-р техн. наук, проф.
(Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан)

btusupbekov_28@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ ПРИ ПЕРЕДЕЛЕ ФОСФОРИСТОГО ЧУГУНА

Разработана математическая модель изменения температуры металла в конвертере по ходу плавки, которая может быть использована для автоматизированного управления кислородно-конвертерным процессом.

Ключевые слова: кислородно-конвертерный процесс, температура металла, математические модели, автоматизированные системы управления, адаптивная настройка, метод общего параметра.

The mathematical model of the metal temperature change in the converter in the course of melting which can be used for the an oxygen-converter process automatic control is developed.

Key words: oxygen-converter process, metal temperature, mathematical models, automatic control systems, adaptive adjustment, general parameter method.

На Карагандинском металлургическом комбинате (Казахстан, г. Темиртау) впервые в бывшем СССР была освоена уникальная технология конвертерного передела фосфористого чугуна, фосфористость которого вызвана высоким содержанием этого элемента в казахстанских железных рудах.

Содержание фосфора в сталях большинства марок является нежелательной примесью, так как снижает их пластические свойства (явление хладноломкости больше всего наблюдается при низких температурах), а также способствует развитию физической и химической неоднородности стального слитка [1]. Поэтому дефосфорация металла, т. е. процесс удаления фосфора из металла, имеет большое значение, особенно при его повышенном содержании в переделываемых чугунах.

Передел фосфористого чугуна в кислородном конвертере, в отличие от других существующих конвертерных процессов, имеет свои особенности и проводится в два периода продувки с промежуточной повалкой фосфористого шлака.

При управлении кислородно-конвертерным процессом важное значение имеет температурный режим плавки, оказывающий большое влияние на технико-экономические показатели. Однако замеры температуры металла осуществляются только в определённые моменты: на промежуточной повалке конвертера, в конце второго периода плавки и иногда после додувки. Поэтому в условиях высокой температуры, достигающей 1700 °C, невозможно осуществить непрерывный контроль температуры

металла, что приводит к преждевременному или запоздалому останову плавки, ухудшая качество управления кислородно-конвертерным процессом.

Для решения этой проблемы ниже рассматривается задача построения математической модели тепловых изменений в ванне конвертера при переделе фосфористого чугуна с последующим её применением для контроля текущей температуры металла по ходу продувки и установления оптимального режима плавки.

Разработка математической модели нагрева и охлаждения металла в конвертере предполагает, в первую очередь, знание статьи прихода и расхода тепла. Приход тепла в конвертер во время продувки его кислородом достигается за счёт экзотермических реакций окисления примесей металла (углерода, фосфора, марганца, кремния и железа), что сопровождается выделением определённого количества тепла, интенсивность которого зависит от теплового эффекта и количества конкретного элемента.

Общее количество тепла, выделяющегося в зоне продувки, может быть определено согласно следующему выражению [1]:

$$Q(t) = \sum_{i=1}^n Q_i(t),$$

где $Q_i(t) = q_i \int_t^{t_0} G_i(t) dt$; $Q_i(t)$ – количество тепла, выделяющегося в результате окисления i -го элемен-

та; q_i – тепловой эффект реакций окисления i -го элемента; $G(t)$ – масса (количество) i -го элемента в ванне конвертера; n – число наиболее важных элементов, вступающих в реакцию с кислородом; t – текущее время продувки металла кислородом; t_0 – начальный момент продувки металла кислородом.

Учитывая соотношение $G_i(t) = \frac{G_m(t)}{100} [C_i(t)]$, можно записать уравнение, выражающее зависимость общего теплового эффекта от изменения массы и состава жидкого металла:

$$Q(t) = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n G_i(t) [C_i(t)] dt, \quad (1)$$

где $G_i(t)$ – масса металла в ванне конвертера; $[C_i(t)]$ – текущее процентное содержание i -го элемента в металле.

Масса металла в момент начала первого периода плавки t_0 определяется как $G_m(t_0) = G_c + G_q$, где G_c – масса загруженного в конвертер скрата; G_q – масса залитого в конвертер жидкого чугуна.

Согласно теории кислородно-конвертерного процесса, температура металла растёт за счёт тепла, выделяющегося в результате экзотермических реакций окисления его примесей и горения присаживаемого в конвертер кокса, а снижение температуры происходит, в основном, вследствие охлаждающего эффекта сыпучих материалов. Величина потери тепла через излучение, атмосферу и корпус конвертера имеет небольшую дисперсию, среднее значение которой достаточно только учитывать в коэффициентах модели, не включая в модель. Тогда текущую температуру металла $T(t)$ можно определить по следующему уравнению:

$$T(t) = T(t_0) + a_1 Q(t) + a_2 G(t), \quad (2)$$

где $Q(t)$ – общее количество тепла экзотермических реакций; $G(t)$ – общий охлаждающий эффект присадки сыпучих материалов; a_1 , a_2 – коэффициенты пропорциональности.

Учитывая уравнение (1) и соотношение $G(t) = \sum_{j=1}^m g_j \int_t^{t_0} G_j(t) dt$, уравнение (2) представим в виде

$$T(t) = T(t_0) + a_1 \frac{\bar{G}_m}{100} \sum_{i=1}^n q_i \int_t^{t_0} [C_i(t)] dt + a_2 \sum_{j=1}^m g_j \int_t^{t_0} G_j(t) dt, \quad (3)$$

где \bar{G}_m – усреднённая масса металла, определяемая как $\bar{G}_m = b_1 G_m(t_0) + b_2 G_q$ (b_1 , b_2 – коэффициенты

пропорциональности); g_i – постоянная, учитывающая охлаждающий или нагревающий (для кокса) эффект j -го сыпучего материала; $G_j(t)$ – масса j -го сыпучего материала; m – число видов сыпучих материалов; a_1 , a_2 – коэффициенты пропорциональности из формулы (2).

Далее, исходя из того, что кинетика окисления примесей железа зависит от режима продувки металла, определим

$$[C_i(t)] = [C_i(t_0)] e^{-\sigma_i \int_{t_0}^t J_h(t) dt}, \quad (4)$$

где $J_h(t) = J_{O_2}(t)/h_\Phi^2(t)$ – показатель продувки [2], характеризующий режим подачи кислорода в ванну конвертера, при этом более высокому значению $J_h(t)$ соответствует углублённый режим продувки, а более низкому – поверхностный; $J_{O_2}(t)$ – интенсивность подачи кислорода через фурму; $h_\Phi(t)$ – положение фурмы над уровнем шлакометаллической эмульсии; σ_i – коэффициенты, определяемые опытным путём; $[C_i(t)]$ – начальное содержание i -го элемента в металле.

Подставив значение уравнения (4) в уравнение (3), получим выражение, определяющее зависимость температуры металла от управляемых воздействий:

$$\begin{aligned} T(t) &= T(t_0) + \\ &+ a_1 G_m(t_0) \sum_{i=1}^n q_i [C_i(t_0)] \int_t^{t_0} e^{-\sigma_i \int_{t_0}^t J_h(t) dt} dt + \\ &+ a_2 \sum_{j=1}^m g_j \int_t^{t_0} G_j(t) dt, \end{aligned} \quad (5)$$

где $A_1 = a_1/100$; $A_2 = a_2$.

Полученным уравнением хорошо описывается влияние управляемых воздействий на изменение температуры металла в ванне конвертера. Однако в данном уравнении не учитывается влияние имеющихся во время плавки неконтролируемых резких, скачкообразных возмущений. Это влияние можно учитывать на основе использования информации о разложении влаги в сыпучих материалах [3], что даёт хорошие результаты на практике.

Разложение влаги в конвертере характеризуется расходом водорода в отходящих газах и определяется выражением [4]

$$V_{H_2}^k(t) = V_{H_2}(t) + \gamma \frac{H_2(t)}{H_2(t) + CO(t)} V_{N_2}(t),$$

$$\text{где } V_{H_2}(t) = V_{or}(t) \frac{H_2(t)}{100}; \quad V_{N_2}(t) = V_{or}(t) \frac{N_2(t)}{100};$$

$V_{H_2}(t)$; $V_{N_2}(t)$ – соответственно, расходы водорода и азота в отходящих газах; $V_{O_2}(t)$ – расход отходящих газов; $H_2(t)$, $N_2(t)$ – соответственно, содержание водорода и азота в отходящих газах; γ – стехиометрический коэффициент, равный 0,532.

Текущая температура металла в конвертере рассчитывается по формуле [4]

$$T(t) = T(t_0) + \frac{T^* - T(t_0)}{\sum J_{O_2}} \int_{t_0}^t J_h(t) dt + \\ + a \int_{t_0}^t e^{b + c \ln V_{H_2}^k(t)} dt, \quad (6)$$

где T^* – заданная температура металла; $\sum J_{O_2}$ – необходимое количество кислорода на продувку при среднем положении фурмы; a , b , c – эмпирические коэффициенты.

Для повышения точности уравнения (6) следует преобразовать его, используя следующее уравнение [3], в котором описан способ определения температуры металла в моменты присадки сыпучих материалов:

$$T(t) = \beta_1 e^{\beta_0 J_{\tau_{\text{разл.}}}} + \beta_2 B_i G_i(t) + \beta_3, \quad (7)$$

где $J_{\tau_{\text{разл.}}}$ – время реакции разложения влаги в присаживаемой порции сыпучего материала; B_i – содержание влаги в присаживаемой порции i -го сыпучего материала; β_0 , β_1 , β_2 , β_3 – эмпирические коэффициенты.

В результате уравнение (6) можно представить в виде:

$$T(t) = T(t_0) + k(t) \left\{ \frac{T^* - T(t_0)}{\sum J_{O_2}} \int_{t_0}^t J_h(t) dt + \right. \\ \left. + a \int_{t_0}^t e^{b + c \ln V_{H_2}^k(t)} dt \right\}, \quad (8)$$

где $k(t)$ – поправочный коэффициент, определяемый после присадки сыпучих материалов по выражению $k(t) = \frac{T'(t_p) - T(t_0)}{T(t_p) - T(t_0)}$, $t \geq t_p \geq t_0$, где t_p – момент окончания разложения влаги в сыпучих материалах; $T'(t_p)$, $T(t_0)$ – температура металла, определяемая по уравнениям (7) и (8), соответственно. Первоначальное значение поправочного коэффициента $k(t)$ до первой присадки сыпучих материалов равно 1.

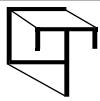
Уравнение (8) с поправкой позволяет с высокой точностью контролировать текущую температуру металла по ходу плавки. Вместе с тем, для обеспечения более стабильной работы приведенных выше математических моделей в реальных производственных условиях предусмотрена их адаптивная настройка от плавки к плавке на основе алгоритмов метода общего параметра, приведенных в работе [5].

Одновременно по уравнениям (5) и (8) можно определить температуру металла в ванне конвертера и контролировать её с высокой точностью по ходу плавки. Так как уравнение (5) устанавливает зависимость изменения температуры металла от управляемых воздействий, следовательно, его целесообразно использовать для определения оптимального режима управления плавкой. А уравнение (8), составленное на основе использования информации о нагреве металла в моменты присадки сыпучих материалов, обеспечивает высокую точность определения температуры металла по ходу плавки, следовательно, его целесообразно использовать для контроля текущей температуры металла в конвертере.

Таким образом, комбинированное использование разработанных математических моделей позволяет повысить вероятность попадания выходных величин конвертерной плавки в заданные интервалы, тем самым улучшая качество выплавляемой стали, сокращая расход сырьевых и энергетических материалов. Применение этих моделей также сокращает количество послеплавочных корректирующих воздействий в виде додувок, доводок и в конечном счёте повышает технико-экономические показатели конвертерного производства стали.

Библиографические ссылки

1. Металлургия стали / В.И. Явойский, Ю.В. Краковский, В.П. Григорьев и др. М.: Металлургия, 1983. 584 с.
2. Туркенич Д.И. Управление плавкой стали в конвертере. М.: Металлургия, 1971. 360 с.
3. А.с. № 1104163 (СССР). Устройство для контроля температуры металла в конвертере / Т.С. Намазбаев, А.И. Багрий, М.Ж. Толымбеков, С.Д. Муканова, Б.К. Тусупбеков. Опубл. в БИ. 1984. № 27. С. 71.
4. А.с. № 1191470 (СССР). Способ контроля температурного режима конвертерной плавки / Ю.В. Бубнов, Ю.А. Романов, Т.С. Намазбаев и др. Опубл. в БИ. 1985. № 42. С. 101.
5. Тусупбеков Б.К. Адаптивная настройка математических моделей объектов большой размерности на основе метода общего параметра // Автоматизация и современные технологии. 2012. № 2. С. 30–33.



УДК 621. 977+621.3.088+621.01(075.8)

В.И. Чижиков, канд. техн. наук, доц.

(Московский государственный университет приборостроения и информатики)

vichizhikov@gmail.com

РАСЧЁТ ПРОФИЛЯ ГЛАВНОЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОСИ ПРУЖИНЫ БУРДОНА ПО ЗАДАННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ

Рассмотрен метод профилирования главной центральной оси пружины Бурдона с использованием гибкой и упругой связей. Получены сравнительные характеристики для пружин с постоянной и переменной кривизной главной центральной оси.

Ключевые слова: обращённое движение, полярный угол.

The profiling method of the Burdon spring main central axis through the use of flexible and resilient connections is considered. Comparative behaviors for springs with constant and variable curvature of the main central axis are received.

Key words: the turned movement, polar angle.

Управляемое упругое кинематическое соединение, выполненное на основе трубы Бурдона, позволяет получить перемещение звена манипулятора с прецизионной точностью, допускающей ошибку в пределах упругого гистерезиса [1]. Такие соединения с высокой эффективностью можно использовать при гашении колебаний в широком диапазоне частот, они являются компенсаторами кинематических ошибок. Также предлагаемые соединения можно применять в конструкциях с разомкнутой кинематической цепью и механизмах с параллельной структурой.

В работе [2] из решения задачи о брахистохроне для тела качения с постоянным сопротивлением движению определена траектория раскрытия подвижного конца пружины при минимальном времени этого процесса. При раскрытии пружины за счёт избыточного давления в её полости развивается момент, создаваемый тяговым усилием на соответствующем плече относительно точки крепления. Тяговое усилие нарастает по мере увеличения избыточного давления, и в конце процесса поступления воздуха пружина раскрыта на максимальный относительный угол $\frac{\Delta\phi}{\phi}$ [1]. Если раскрытую пружину вернуть в исходное состояние при действующем в нём избыточном давлении, то тяговое усилие в этом случае будет иметь максимальное значение. Величина и направление тяговой силы определяются в соответствии с методикой, изложенной в работе [1]. Аналитические зависимости, по которым ведутся расчёты, включают постоянный радиус кривизны

главной центрально оси (ГЦО) и совершенно не-пригодны для пружины с переменной кривизной. Кроме того, при одинаковом избыточном давлении в пружинах с одинаковой длиной ГЦО, но различными радиусами, имеются разные перемещения. В работе [3] установлена аналитическая связь между длиной S , кривизной траектории ГЦО и перемещением λ свободного конца пружины при известном центральном угле. Во всех случаях, как отмечалось ранее, в расчётах рассматривается постоянная кривизна ГЦО, и поэтому переносить результаты вычислений на пружины с переменной кривизной нельзя. Предложенное ниже решение задачи определения профиля главной центральной оси по заданной составляющей тягового усилия позволит привести характеристики пружины с переменной кривизной ГЦО к характеристикам с постоянной кривизной.

На рис. 1 приведена схема, согласно которой тяговая сила Q , возникающая при закреплённом конце пружины в точке B_0 , раскладывается на составляющие: q_t – тангенциальную и q_r – радиальную. Начальные условия определены одинаковым избыточным давлением и закреплением подвижного конца. Очевидно, что при разных формах ГЦО значения Q и её составляющих различны. Допустим, получено значение Q для пружины с постоянной кривизной, разложив на упомянутые направления, получим составляющую q_t , которую уравновесим упругой связью в виде пружины с характеристикой $q_t = kx + m$. В рассмотрение введём гибкую нить длиной S , равной длине ГЦО, и соединим с упругой связью. Таким

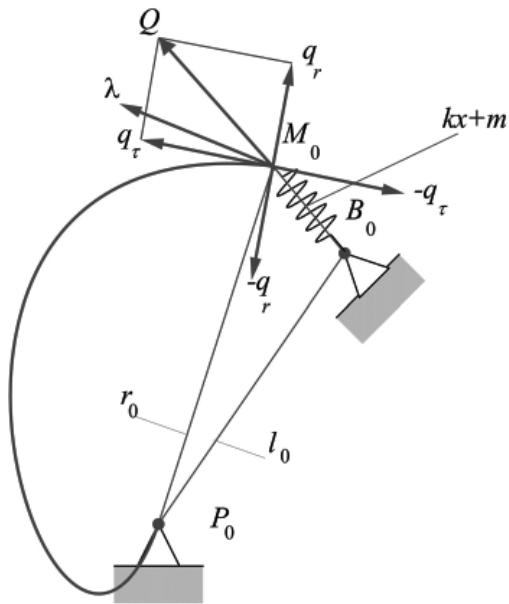


Рис. 1. Схема представления тяговой силы Q составляющими q_r и q_τ , действующими по нормали и касательной к главной центральной оси

образом, имеем нерастяжимую нить, закреплённую в точке P_0 длиной S и охватывающую ГЦО, а также упругий участок нити длиной B_0M_0 , оканчивающийся в точке M_0 . Очевидно, что упругая связь совместно с нерастяжимой нитью создаёт момент относительно точки P_0 , тогда

$$(kx + m)dx = -Md\phi, \quad (1)$$

где $d\phi$ – элементарный угол поворота отрезка $\overline{P_0B_0}$; dx – элементарное перемещение точки B_0 в направлении действия упругой связи.

На рис. 2 показан участок, на котором отмечены задаваемые и расчётные характеристики при разматывании нити с ГЦО. Отрезок $\overline{P_0B_0}$ – линейный параметр, учитывающий начальную длину упругой связи; α_1 и α_2 – углы, определяющие конструктивную характеристику пружины, при $\alpha_1 \neq \alpha_2$ радиус R ГЦО – переменный; r_0 – расстояние между точками M_0 и P_0 . В конце процесса разворачивания нити упругий участок вырождается в точку, оставляя нерастяжимый участок длиной S с неизвестной величиной. В обращённом движении отрезок $\overline{P_0B_0}$ должен повернуться на угол

$$\varphi^k = \frac{\pi}{2} - \alpha_2 + \arcsin \left(\sin \theta_0 \frac{X_0}{l_0} \right),$$

где $\overline{P_0B_0} = l_0 = \sqrt{r_0^2 + x_0^2 + 2r_0 x_0 \cos \theta_0}$ – длина отрезка в начальном состоянии; $\theta_0 = \pi - \psi_0$.

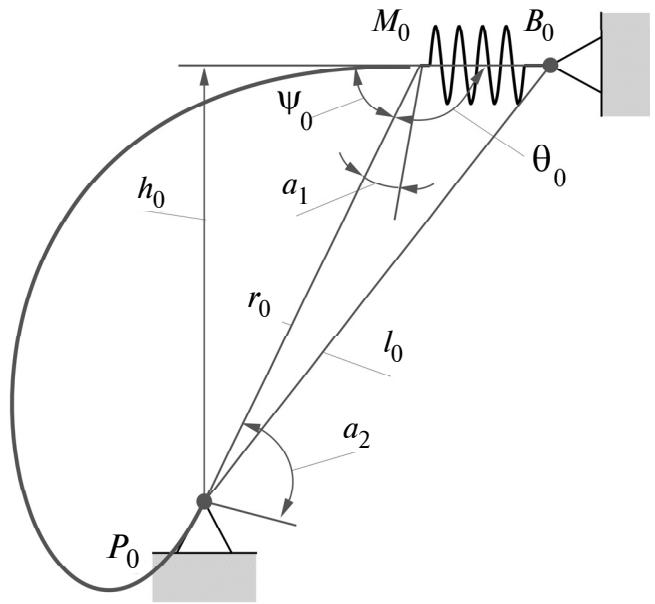


Рис. 2. Расчётная схема представления составляющей q_τ в виде пружины растяжения с соответствующей характеристикой

Определим длину гибкой связи. Считаем заданными $M = M(\varphi)$ и r_0 . Если момент M производит элементарную работу $Md\phi$, то такую же работу должна совершать и сила пружины q_τ . Но элементарная работа силы q_τ равна $-q_\tau dx$. Здесь знак минус поставлен потому, что при перемещении силы q_τ на величину dx размер x уменьшается. Из сказанного следует равенство (1), интегрируя которое, получаем

$$k \frac{x^2}{2} + mx = \int_0^{\varphi_k} Md\phi + C. \quad (2)$$

Решая уравнение (2) как квадратное, имеем текущее изменение длины упругой связи:

$$x = \frac{-m + \sqrt{m^2 + 2k \int_0^{\varphi_k} Md\phi + 2kC}}{k} \quad (3)$$

или

$$kx + m = \sqrt{m^2 - 2k \int_0^{\varphi_k} Md\phi + 2kC}. \quad (4)$$

Так как характеристика пружины известна, можно записать

$$M = h(kx + m). \quad (5)$$

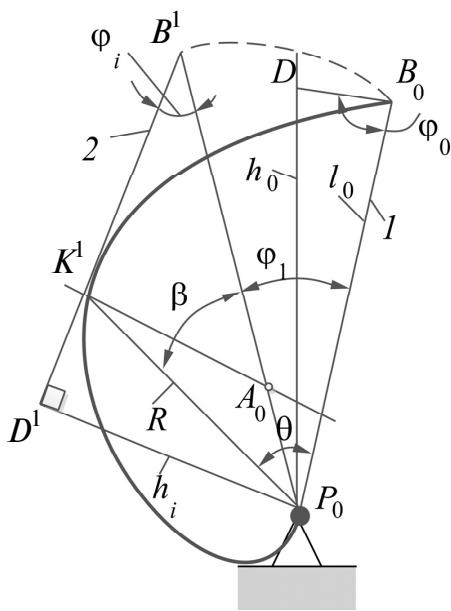


Рис. 3. Расчётная схема определения длины и формы огибающей главной центральной оси при заданном моменте

При известном моменте M из уравнения (5) определяем

$$h = \frac{M}{\sqrt{m^2 - 2k \int_0^{\phi_k} M d\phi + kC}}, \quad (6)$$

где $\phi = 0$; $M = M_0$; $h = h_0 = r_0 \sin \psi_0$.

В свою очередь,

$$h_0 = \frac{M_0}{\sqrt{m^2 + 2kC}},$$

тогда

$$m^2 + 2kC = \frac{M_0^2}{r_0^2 \sin^2 \psi_0}.$$

После несложных преобразований имеем

$$h = r_0 \sin \psi_0 \frac{M}{\sqrt{M_0^2 - 2kr_0^2 \sin^2 \psi_0 \int_0^{\phi_k} M d\phi}}. \quad (7)$$

Найдём полярный радиус R и полярный угол β , определяющие точку на профиле пружины, в которой нить проходит по касательной к профилю. На рис. 3 показана расчётная схема, на которой точка касания прямой K_1 совпадает с раскрытым

участком нити и профилем ГЦО. В точке K_1 восстановим перпендикуляр к $K_1 B_1$, который пересекает отрезок $P_0 B^1$ в точке A_0 . Обозначим отрезок $P_0 B^1$ как звено 1, а нить – звено 2. При относительном движении звеньев 1 и 2 можно записать

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d\phi_2}{d\phi_1} = \frac{A_0 P_0}{A_0 B^1} = \frac{A_0 P_0}{P_0 B^1 - A_0 P_0}.$$

В свою очередь,

$$\overline{P_0 B^1} = l_{01} = \sqrt{r_0^2 + x_{01}^2 + 2r_0 x_{01} \cos \theta_0},$$

где r_0 – длина нерастяжимого участка нити; x_{01} – длина упругого участка, вычисленного по уравнению (3),

тогда

$$A_0 P_0 = \frac{l_{01} \frac{d\phi_2}{d\phi_1}}{1 + \frac{d\phi_2}{d\phi_1}}. \quad (8)$$

Из треугольника $\Delta B^1 K^1 A_0$ получим выражение

$$(B^1 K^1) = (A_0 B^1) \cos \psi_1 = (l_{01} - (A_0 P_0)) \cos \psi_1,$$

а с учётом уравнения (7) длина отрезка, соответствующего раскрытой части гибкой нити с упругим участком, после преобразований будет иметь вид

$$(B^1 K^1) = l_{01} \left(1 - \frac{\frac{d\phi_2}{d\phi_1}}{1 + \frac{d\phi_2}{d\phi_1}} \right) \cos \psi_1 = \\ = \frac{l_{01}}{1 + \frac{d\phi_2}{d\phi_1}} \cos \psi_1. \quad (9)$$

Радиус-вектор R , проведённый из точки P_0 в точку K^1 , определяется выражением

$$R = \sqrt{(B^1 K^1)^2 + l_{01}^2 - 2(B^1 K^1) l_{01} \cos \psi_1} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{l_{01}}{1 + \frac{d\phi_2}{d\phi_1}} \right)^2 \cos^2 \psi_1 + l_{01}^2 - 2 \frac{l_{01}^2}{1 + \frac{d\phi_2}{d\phi_1}} \cos^2 \psi_1}.$$

После преобразований с учётом уравнения (9) выражение для радиус-вектора R имеет вид

$$R = l_{01} \sqrt{1 + 2 \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1}} \cos^2 \psi_1. \quad (10)$$

Полярный угол $\theta_1 = \beta_1 + \varphi_1$ определим из рис. 2 и 3. По теореме синусов, выражая угол $\gamma = P_0 K^1 A_0$ через угол β , получим

$$\frac{(B^1 A_0) \sin \psi_1}{\sin \beta} = \frac{(P_0 A_0)}{\sin \gamma},$$

$$\text{где } \gamma = \left[\frac{\pi}{2} - \arccos \left(\frac{h_1}{(P_0 B^1)} \right) - \beta \right].$$

После преобразований имеем следующее выражение:

$$\begin{aligned} \frac{(B^1 A_0 \sin \psi_1)}{\tan \beta} &= \\ &= \frac{(P_0 A_0)}{\cos \left(\arccos \frac{h_1}{(P_0 B^1)} \right) + \sin \left(\arccos \frac{h_1}{(P_0 B^1)} \right) \tan \beta} \end{aligned} \quad (11)$$

и, решая его относительно угла β , получим

$$\beta = \operatorname{arctg} \left(\frac{(B^1 A_0) \sin \psi \cos \left(\arccos \frac{h_1}{(P_0 B^1)} \right)}{(P_0 A_0) - (B^1 A_0) \sin \psi \sin \left(\arccos \frac{h_1}{(P_0 B^1)} \right)} \right). \quad (12)$$

Учитывая выражение (8), уравнение (12) приобретает следующий вид (см. рис. 4):

$$\beta = \operatorname{arctg} \left(\frac{\left(l_{01} \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} \right) \sin \psi \cos \left(\arccos \left(\frac{h_1}{l_{01}} \right) \right)}{\left(\frac{l_{01} \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1}}{1 + \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1}} \right) \left(1 + \sin \psi \sin \left(\arccos \left(\frac{h_1}{l_{01}} \right) \right) \right) - (l_{01}) \sin \psi \sin \left(\arccos \left(\frac{h_1}{l_{01}} \right) \right)} \right) \quad (13)$$

Таким образом, полярный угол определяется выражением

$$\theta = \beta + \varphi, \quad (14)$$

где φ – текущий угол поворота отрезка $P_0 B^i$.

Координаты профиля ГЦО вычисляются следующими выражениями:

$$x = R(\theta) \cos \theta; \quad y = R(\theta) \sin \theta.$$

Длина ГЦО пружины с переменным и постоянным радиусами по условию задачи одинакова, следовательно

$$\int_0^{\varphi_k} \sqrt{x'^2(\theta) + y'^2(\theta)} d\theta = r_{1C} \varphi_{1C}. \quad (15)$$

В монографии [1] относительный угол раскрытия выражается равенством

$$\frac{\Delta \varphi}{\varphi_{1C}} = PA r_{1C}^2, \quad (16)$$

где P – избыточное давление в полости пружины [МПа]; A – коэффициент параметров пружины $\left[\frac{1}{\text{МПам}^2} \right]$; индекс C введён для обозначения принадлежности параметра к пружине с постоянной кривизной.

Как упоминалось выше, в расчётной зависимости по определению относительного угла раскрытия пружины используется значение постоянного радиуса [1]. Приведём характеристики пружины с переменной кривизной к характеристикам пружины с постоянной кривизной, учитывая, что перемещение свободного конца пружины λ зада-

Рис. 4. Формула 13

но при решении задачи о брахистохроне [2]. Из равенства (15) и соотношения (16) получим

$$\varphi_{1CP} = \frac{\int_0^{\varphi_k} \sqrt{x'^2(\theta) + y'^2(\theta)} d\theta}{r_{1C}}; r_{1C} = \sqrt{\frac{\Delta\varphi}{\varphi_{1C} AP}}.$$

Тогда с учётом несложных преобразований имеем значение приведённого центрального угла

$$\varphi_{1CP} = \left(\frac{\int_0^{\varphi_k} \sqrt{x'^2(\theta) + y'^2(\theta)} d\theta}{\Delta\varphi} \right)^2 AP. \quad (17)$$

Выражение (17) определяет приведённый центральный угол пружины с переменной кривизной ГЦО. Соответствующий ему угол при раскрытии пружины φ_{2C} и перемещении λ с учётом, что относительный угол для пружины с постоянной кривизной, выражаемый соотношением $\frac{\Delta\varphi}{\varphi_{1C}} = 1 - \frac{\varphi_{2C}}{\varphi_{1C}}$, равен $\varphi_{2C} = \varphi_{1C} - \Delta\varphi$.

Найденные значения углов соответствуют постоянным радиусам кривизны. Окружности с постоянными параметрами проведены через точки M_0 и M_K . При раскрытии упругой нити на угол φ_K , согласно заданному моменту, в каждой точке профиля необходимо, определяя координаты профиля ГЦО, вычислять приведённый центральный угол, а также радиус кривизны r_i в точке, определяемой полярными радиус-вектором R_i и углом θ_i по формуле

$$r_{1Ci} = \frac{(R_i^2 + \dot{R}_i^2)^{3/2}}{R_i^2 + 2\dot{R}_i^2 - R_i\ddot{R}_i}, \quad (18)$$

где r_{1Ci} и R_i – соответственно, радиусы окружностей с постоянной и переменной кривизной ГЦО в точках, координаты которых определяются радиус-вектором R_i и полярным углом θ_i .

Координаты ГЦО пружины в деформированном состоянии можно определить, используя основное её свойство, заключающееся в том, что относительный угол раскрытия во всех точках ГЦО вне пассивных зон постоянен. Через конечную точку M_K , расположенную на ГЦО пружины в деформированном состоянии, проводится окружность постоянного радиуса r_{2Ci} , центр которой для данного положения точки определяется в соответствии с методикой, изложенной в работе [3]. Определим положение точки M_K , учи-

тывая угол φ_{2C} . Радиус r_{2Ci} находится из соотношения

$$r_{2Ci} = r_{1Ci} \frac{\varphi_{1Ci}}{\varphi_{2Ci}} \quad (19)$$

или

$$r_{2C} = \frac{r_{1C}}{1 - \frac{\Delta\varphi}{\varphi_{1C}}}, \quad (20)$$

где r_{1C} вычисляется по уравнению (18); φ_{1C} – по уравнению (17).

Профиль ГЦО пружины в раскрытом состоянии определим, используя теорию построения центроидных механизмов [4]. Для решения этой задачи в качестве расчётной схемы воспользуемся рис. 5. Построенный профиль пружины при заданном моменте её раскрытия φ_{10} считаем подвижным звеном, вращающимся относительно точки A . Искомый профиль ГЦО φ_{20} совместим со звеном, движущимся поступательно (см. рис. 5). Угол передачи $\alpha_0 = \Delta\varphi$ не зависит от того, какое звено будет ведущим. Обозначим радиус-вектор AP_0 центроиды φ_{10} через $\rho_1 = R_1$, который вычисляется по уравнению (10). Пусть центроида φ_{10} повернулась на бесконечно малый угол $d\varphi_1$. Отложим на центроиде бесконечно малую дугу P_0a и из точки a опустим перпендикуляр на направление AP_0 . Тогда угол $\angle P_0aa'$ с точностью до бесконечно малых второго порядка будет равен углу α_0 и, следовательно, $\operatorname{tg}\alpha_0 = \frac{P_0a}{aa'}$.

Так как до бесконечно малых высших порядков $P_0a = \frac{\partial\rho_1}{\partial\varphi_1} d\varphi_1$ и $aa' = \rho_1 d\varphi_1$, можно записать

$$\operatorname{tg}\alpha_0 = \frac{\frac{\partial\rho_1}{\partial\varphi_1}}{\rho_1}. \quad (21)$$

Величина

$$\rho_1 = \frac{v_2}{\omega_1} = \frac{\frac{ds_2}{dt}}{\frac{d\varphi_1}{dt}} = \frac{ds_2}{d\varphi_1} = k_{21}(\varphi_1),$$

где v_2 – скорость звена 2; ω_1 – угловая скорость звена 1, тогда

$$\frac{\partial\rho_1}{\partial\varphi_1} = \frac{d^2s_2}{d\varphi_1^2} = k'_{21}(\varphi_1).$$

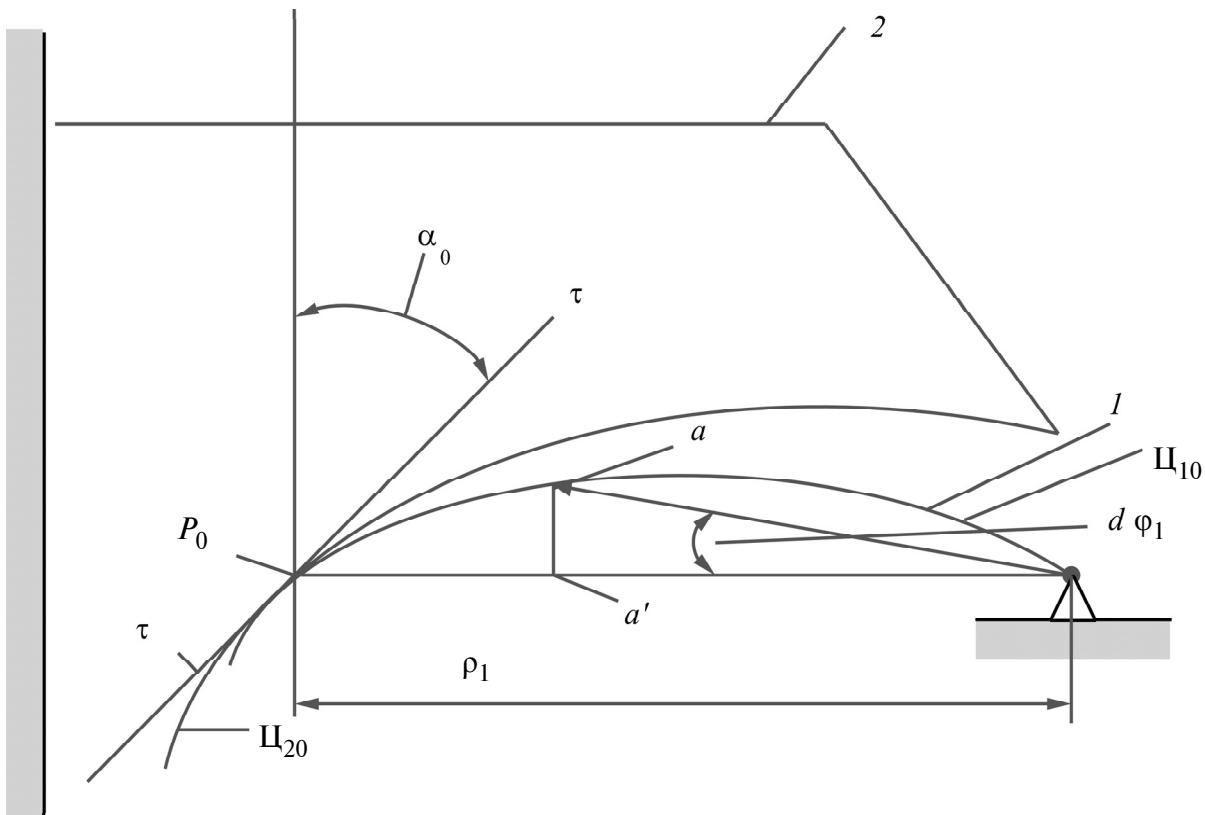


Рис. 5. Расчётная схема определения главной центральной оси пружины Бурдона в раскрытом состоянии

Подставляя полученные значения $\frac{\partial \rho_1}{\partial \phi_1}$ и ρ_1 в уравнение (21), получим

$$\frac{d^2 s_2}{d \phi_1^2} = \frac{k'_{21}(\phi_1)}{k_{21}(\phi_1)}. \quad (22)$$

Из последнего соотношения следует, что угол α_0 не зависит от размеров центроид. Приведённый центральный угол ϕ_{1C} с учётом уравнения (22) можно записать следующим образом:

$$\phi_{1CP} = \frac{\left(\int_0^{\phi_k} \sqrt{x'^2(\theta) + y'^2(\theta)} d\theta \right)^2}{\arctg \frac{k'_{21}(\phi_1)}{k_{21}(\phi_1)}} AP. \quad (23)$$

В выражении (23) угол $\phi_1 = \theta$ т. е. является полярным углом, определяемым выражением (14), а введённое обозначение обусловлено расчётной схемой (см. рис. 4). Относительный угол

раскрытия пружины Бурдона с переменной кривизной ГЦО вычисляется по формуле

$$\frac{\Delta \phi}{\phi_{1CP}} = AP r_{1CP}^2, \quad (24)$$

где ϕ_{1CP} – приведённый радиус постоянной кривизны, соответствующий приведённому центральному углу ϕ_{1CP} , вычисляемому по уравнению (23). После подстановки в уравнение (24) значений ϕ_{1CP} и $\alpha_0 = \Delta \phi$ в результате преобразований получаем значение приведённого радиуса кривизны ГЦО:

$$r_{1CP} = \frac{\arctg \frac{k'_{21}(\phi_1)}{k_{21}(\phi_1)}}{AP \int_0^{\phi_k} \sqrt{x'^2(\theta) + y'^2(\theta)} d\theta}. \quad (25)$$

Выводы. Разработан метод определения профиля ГЦО пружины Бурдона при заданном моменте сил её раскрытия за минимальное время, определяемое из решения задачи о брахистохроне [2].

Относительный угол раскрытия пружины с переменной кривизной приведён к параметрам пружины с постоянным радиусом кривизны, причём приведённый центральный угол должен

определяется для каждой текущей точки контура ГЦО.

Профиль ГЦО в раскрытом состоянии строится с привлечением теории синтеза центроидных механизмов, согласно которой искомый профиль размещается на подвижном звене, совершающем поступательное перемещение. Два профиля ГЦО в недеформированном и деформированном состояниях при относительном движении сопрягаются в полюсе под определённым углом передачи.

Вычислен относительный угол раскрытия пружины.

Библиографические ссылки

1. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. М.: Машиностроение, 1981. 392 с.
2. Чижиков В.И. Задача о брахистохроне для тел качения в определении формы главной центральной оси пружины Бурдона // Вестник МГУПИ. Серия: Технические науки. 2010. № 32. С. 40–51.
3. Чижиков В.И. Кинематическое исследование манипуляторов с упругодеформированными трубчатыми звеньями // Вестник МГАПИ. Серия: Технические науки. 2006. № 5. С. 57–66.
4. Артоболевский И.И., Левитский Н.И., Черкудинов С.А. Синтез плоских механизмов. М.: Физматгиз, 1959. 1084 с.

УДК 648.58

В.А. Жуков, канд.техн.наук, доц.

(Рыбинский государственный авиационный технический университет
им. П.А. Соловьева)

gukovv@rambler.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрена проблема удаления из контуров охлаждения энергетических установок и технологического оборудования отложений, негативно влияющих на их функционирование. Обоснован состав технического моющего средства. Предложены устройства, обеспечивающие эффективную очистку систем охлаждения и средства автоматизации процессов очистки.

Ключевые слова: система охлаждения, коррозия, накипь, удаление отложений, моющая присадка.

The sediments removal problem from cooling systems of the power installations and technological equipment which have a negative influence on their functioning is considered. The technical cleaning means composition is grounded. Devices for cooling system effective cleaning and means for cleaning process automation are proposed.

Key words: cooling system, corrosion, scale, sediments removal, cleaning additive.

Надежная и эффективная работа энергетических установок и технологического оборудования возможна лишь при условии поддержания их допустимого температурного уровня. Отклонение в процессе эксплуатации температур от установленных значений снижает экономичность энергетических установок, нарушает режимы работы технологического оборудования, что может стать причиной появления брака, снижения ресурса и выхода из строя оборудования.

Для обеспечения требуемого температурного режима используют системы охлаждения (СО). В зависимости от вида теплоносителя СО делятся на воздушные и жидкостные. Жидкостными СО являются наиболее распространёнными. Такими СО оснащаются двигатели внутреннего сгорания,

паротурбинные установки, теплоэлектростанции, атомные реакторы, кокиля, пресс-формы, прокатные и волочильные станы.

Независимо от охлаждаемого объекта, в жидкостных СО протекают сходные процессы: коррозионно-эрзационные разрушения элементов систем и образование отложений на теплоотдающих поверхностях. Эти процессы крайне негативно сказываются на надёжности и эффективности функционирования охлаждаемых объектов.

В Российской Федерации ежегодные потери металлов из-за коррозии составляет до 12 % общей массы металлофонда, что соответствует утрате до 30 % ежегодно производимого металла. Кроме огромных прямых потерь, связанных с коррозией, существуют ещё большие косвенные потери,

обусловленные потерей мощности машин, вынужденными простоями из-за отказов и аварий, а также расходы на ликвидацию отказов [1].

Коррозия в системах охлаждения является причиной образования шлама, который оседает преимущественно в зонах с низкой скоростью течения. Под образующимися отложениями активно протекает подшламовая коррозия. Трубопроводы систем охлаждения, изготовленные из оцинкованной или футерованной стали, подвергаются, кроме подшламовой, и равномерной коррозии, сопровождающейся уменьшением толщины стенок трубопроводов и образованием отложений продуктов коррозии, уменьшающих проходные сечения. Значительное уменьшение проходных сечений трубопроводов отрицательно сказывается на работе системы охлаждения и может привести к перегреву энергетических и технологических установок.

К процессам, негативно влияющим на работу СО, относится также накипеобразование, которое обусловливается наличием в охлаждающей жидкости (ОЖ) механических примесей и её жесткостью (содержанием растворённых солей кальция и магния).

В жидкостных СО условия, благоприятные для образования накипи, возникают в результате нагревания ОЖ, при этом происходят химические реакции с формированием труднорастворимых соединений; при добавлении ОЖ из-за её испарения и утечек концентрация солей увеличивается при снижении растворимости образующихся солей с повышением температуры.

Если кристаллизация солей происходит непосредственно на охлаждаемых поверхностях, то такая накипь называется первичной. Шлам, взвешенный в охлаждающей воде, может скапливаться в застойных зонах у поверхностей, имеющих высокие температуры. Соприкасаясь с пересыщенным раствором накипеобразователей, отложения шлама постепенно превращаются в плотную вторичную накипь. В системах охлаждения вторичная накипь способна частично перекрывать каналы и трубопроводы.

Наиболее часто в СО встречаются щёлочноzemельные накипи, состоящие из карбонатных, сульфатных, силикатных, фосфорных солей и гидроокисей Ca^{2+} и Mg^{2+} : CaCO_3 , CaSO_4 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, CaSiO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Вид и состав образующихся накипей определяется преобладанием в используемой воде тех или иных катионов и анионов (табл. 1).

Состава накипи влияет на коэффициент её теплопроводности. В табл. 2 приведены коэффициенты теплопроводности наиболее распространённых видов накипи [2] и конструкционных материалов, применяемых для изготовления элементов систем охлаждения.

Повышение температурного режима работы двигателя из-за ухудшения отвода тепла при наличии накипи приводит к повышенному расходу топлива и снижению мощности двигателя. При слое накипи от 0,5 до 1,2 мм имеет место снижение мощности на 7–13 %, а перерасход топлива достигает при этом 4–10 % [3]. Образование накипи в полостях охлаждения технологического оборудования приводит к снижению интенсивности теплоотвода, нарушению вследствие этого штатного протекания технологического процесса и появлению брака в литейном и прокатном производствах.

Наиболее эффективным и распространённым методом для замкнутых систем является введение в охлаждающую жидкость в небольших количествах веществ, ингибирующих коррозию и образование накипи (присадок). Однако даже современные многофункциональные присадки к охлаждающим жидкостям полностью не решают проблему предотвращения образования отложений в полостях охлаждения и элементах систем охлаждения. В разомкнутых системах охлаждения эта проблема является ещё более актуальной, так как для них не существует эффективных методов предотвращения коррозии и накипеобразования при использовании в качестве охлаждающей жидкости природной или водопроводной воды. Обеспечение качественной очистки от отложений охлаждаемых поверхностей способствует эффектив-

Таблица 1

Состав накипей, встречающихся в системах охлаждения двигателей

Вид накипи	Основные компоненты накипи				
	CaCO_3	CaSO_4	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	SiO_2
Карбонатная	75	15	5	4	1
Сульфатная (гипсовая)	7	86	2	2	3
Сульфатно-силикатная	12	28	3	28	29
Смешанная	32	24	18	16	10

Таблица 2

Коэффициенты теплопроводности различных видов накипи и применяемых в двигателестроении металлов

Вид накипи, её состав	Характер накипи	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м·К)
Силикатная, содержащая $\text{SiO} > 20\%$	твёрдая	0,058–0,232
Гипсовая, содержащая CaSiO до 50 %	плотная твёрдая	0,58–0,29
Карбонатная, содержащая $\text{CaCO} + \text{MgCO} > 50\%$	от аморфного порошка до твёрдого камня	0,58–7,0
Смешенная, содержащая гипс, силикаты и карбонаты	плотная твёрдая	0,8–3,5
Содержащая масла	твёрдая	0,116–0,175
Латунь		88–116
Алюминий		210
Чугун и сталь		47–59

ному функционированию энергетических установок и технологического оборудования, увеличению срока службы агрегатов, сокращению затрат, связанных с ремонтом и обслуживанием технических объектов.

Необходимо признать, что в практике отечественного машиностроения защите от образования отложений в полостях охлаждения не уделяется достаточного внимания, низок уровень использования присадок к охлаждающей воде, не используются фильтры охлаждающей жидкости. Оба метода защиты от образования и накопления отложений имеют высокую эффективность, особенно при комплексном применении, и позволяют повысить надёжность и долговечность технических систем.

Поставленная проблема требует решения двух задач — создания эффективного технического моющего средства (ТМС), отвечающего современным требованиям, и разработки установок, обеспечивающих качественную очистку контуров охлаждения с минимальными затратами.

Концепция создания ТМС и присадок включает в себя определение перечня требований к охлаждающим и моющим жидкостям, формулирование принципов выбора отдельных компонентов присадок и их композиций, проведение лабораторных исследований и апробацию созданных составов в условиях эксплуатации.

Основные требования к компонентам ингибирующих и моющих присадок, а также их композициям с учётом специфики хранения и применения следующие:

компоненты присадок должны обладать высокой эффективностью и полифункциональным

действием, оказывать влияние на большинство негативных процессов в системах охлаждения, теплообменниках и трубопроводах, образуя при концентрации не более 0,5 % от массы жидкости синергетической смеси;

не оказывать отрицательного влияния на резиновые и другие уплотнительные материалы;

токсичность компонентов и присадки в целом не должна превышать III класса опасности;

все компоненты присадки должны выпускаться в промышленных масштабах;

присадки должны быть удобны в хранении и использовании, негорючи и взрывобезопасны, сохранять свои свойства при транспортировке и хранении.

В результате совместных работ, выполненных кафедрами «Теория и конструкция судовых двигателей внутреннего сгорания» (СПГУВК) и «Технология машиностроения и двигатели внутреннего сгорания» (РГАТУ им. П.А. Соловьёва), была создана комплексная многофункциональная присадка к ОЖ энергетических установок и технологического оборудования. Высокая эффективность ингибирования кавитационно-эррозионных разрушений и накипеобразования присадкой подтверждена многочисленными лабораторными и эксплуатационными испытаниями [4].

В процессе испытаний ОЖ была также установлена способность присадок оказывать эффективное моющее воздействие на контуры охлаждения. Основными явлениями, определяющими моющее действие, являются процессы физико-химической адсорбции, смачивание, эмульгирование, пенообразование и стабилизация. Наи-

большее значение для процессов очистки и мойки имеют коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ), представляющие собой полярные органические соединения. Полярность ПАВ обусловлена строением молекул, состоящих из двух различным по своим свойствам частей: одна часть молекулы является гидрофобной, а другая – гидрофильной. Высокая поверхностная активность и способность к мицеллообразованию обеспечивают ПАВ комплекс свойств, определяющих их моющее действие. В большинстве случаев загрязнения СО, кроме продуктов коррозии и налипки, имеют в своём составе жидкую фазу (масла, смолы). Такие загрязнения удаляются с поверхности эмульгированием жидкой фазы и диспергированием твёрдой фазы. Молекулы ПАВ создают на поверхности капель масла прочные адсорбционные слои, при этом гидрофобная часть молекулы связывается с маслом, а гидрофильная ориентируется в сторону раствора. Это препятствует слиянию (коагуляции) капель масла. Диспергирование твёрдой фазы загрязнений происходит благодаря адсорбции молекул ПАВ на частицах загрязнений. Малое поверхностное натяжение позволяет раствору проникать в мельчайшие трещины. Адсорбированные на частицах загрязнений молекулы ПАВ оказывают расклинивающее действие (эффект Ребиндера), разрушая и измельчая загрязнения. В зависимости от активности ПАВ адсорбционные процессы сопровождаются различными эффектами: дисперсионными, расклинивающими, капиллярными. Капиллярные давления, вызывающие всасывание растворов в микротрещины, достигают 150–260 МПа, а расклинивающее давление в микротрещинах 80–100 МПа [5].

Важное значение в процессе промывки имеет стабилизация в растворе отмытых загрязнений и предупреждение их повторного осаждения. Стабилизации способствует полярное строение молекул ПАВ. Водные растворы коллоидных ПАВ способны поглощать значительные количества нерастворимых в воде веществ, образуя прозрачные, устойчивые и не расслаивающиеся со временем растворы (процесс солубилизации). Это явление основано на способности мицелл ПАВ удерживать гидрофобными углеводородными радикалами молекулы веществ, нерастворимых в воде.

В последние годы ПАВ находят всё большее применение в стационарной энергетике. К числу ПАВ, рекомендованных Всероссийским научно-исследовательским институтом атомного машиностроения (ВНИИАМ) для применения в энергетике, относится октадециламин (ОДА).

Установлено [6], что введение ОДА в теплоноситель способствует снижению поверхностного

натяжения на границе раздела фаз газ – жидкость; гидрофобизации поверхностей в результате ориентированной адсорбции молекул ОДА и создания барьера между металлом и средой; возникновению расклинивающего давления и отрыву частиц загрязнений от поверхностей; предотвращению образования налипки; созданию защитных плёнок на поверхностях и снижению интенсивности эрозионных и коррозионных процессов.

На начальном этапе был проведён комплекс исследований эффективности ряда ПАВ, в результате которых были выявлены вещества, не уступающие по своим качествам ОДА, но несопоставимо более дешёвые. Было установлено, что в качестве компонентов присадок целесообразно применение неионогенных ПАВ, образующих длинноцепочечные молекулярные растворы. К их числу относятся оксиэтилированные высшие жирные спирты, полиэтиленгликоли, алкилоламины, синтамиды, синтанолы, смачиватели ОП-7, ОП-10 и ряд других органических веществ, широко выпускаемых отечественной промышленностью.

Для повышения вязкости также целесообразно применение высокомолекулярных соединений. Присутствие в растворе длинных полимерных молекул стабилизирует мицеллы ПАВ, что уменьшает скорость их деструкции в условиях кавитации.

Щёлочность моющих растворов является важнейшим фактором, влияющим на эффективность очистки. Щёлочность определяет способность растворов нейтрализовать кислые компоненты загрязнений, снижает жёсткость воды. Показателем щёлочности является водородный показатель pH. При очистке поверхностей различных металлов во избежание коррозии необходимо поддерживать определённые значения pH моющего раствора. При очистке алюминия и цинка pH должен составлять 9–10, латуни 12,0–12,5, чёрные металлы допускают очистку при pH до 14. Практически цветные металлы обрабатываются при более высоких pH (11,5–12,8), поэтому моющие растворы должны содержать ингибиторы коррозии цветных металлов. Вид загрязнений также влияет на выбор pH. Поверхности с прочными отложениями необходимо очищать при pH 11,5–13,5, при непрочных (масляных) загрязнениях очистку можно вести при pH 10,5–11,5.

В качестве компонента ТМС, повышающего pH, может быть выбран силикат натрия, который при концентрации 0,1–0,3 % по массе обеспечивает pH раствора 9–10. В щелочной среде (pH = 9–13) силикаты натрия взаимодействуют с поверхностью, обеспечивая коэффициент защиты чёрных металлов от 30 до 75 % при концентрации 50 мг/л.

Наличие коллоидных поликремниевых кислот также повышает способность растворов диспер-

гировать загрязнения и предупреждать их повторное осаждение, способствуют умягчению воды. Таким образом, силикаты натрия обладают полифункциональным действием, что повышает общую эффективность действия присадок, созданных на их основе.

Созданная в результате проведённых работ моющая присадка содержит в определённых концентрациях силикат натрия, ПАВ, водорастворимый полимер (полиакриламид), ингибиторы коррозии (нитрит натрия, фосфат натрия, натриевые соли высокомолекулярных кислот, молибдат натрия, молибдат аммония, бензотриазол).

Физико-химические свойства исследуемых жидкостей, определённые перед началом испытаний, приведены в табл. 3.

Для практического использования ТМС предлагаются следующие конструктивные решения.

При промывке замкнутого контура охлаждения (рис. 1) [7] раствор, содержащий ТМС, находится в расширительном баке или другой ёмкости, входящей в контур СО. Циркуляцию жидкости обеспечивает штатный насос. Расширительный бак снабжён ёмкостью с концентратом присадки и игольчатым клапаном, регулирующим поступление присадки в расширительный бак и подключённый к выходу блока управления, к входам которого подключены датчики температуры, датчики давления, анализатор химических и физических свойств моющего раствора. Анализатор установлен на трубопроводе, отводящем жидкость от рубашки охлаждения.

Снабжение расширительного бака ёмкостью с концентратом присадки и игольчатым клапаном, регулирующим поступление присадки в расширительный бак, подключённым к выходу блока управления, обеспечивает автоматическое поддержание требуемых свойств моющей жидкости.

Система охлаждения в процессе промывки работает следующим образом. Моющая жидкость отводится от рубашки охлаждения 2 по трубопроводу 19. Термостат 3, представляющий собой ав-

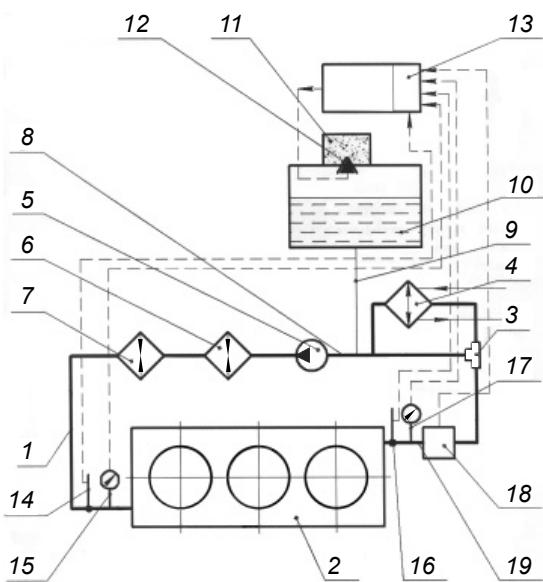


Рис. 1. Схема промывки замкнутого контура охлаждения:

1 – подводящий трубопровод; 2 – рубашка охлаждения; 3 – термостат; 4 – охладитель; 5 – насос; 6, 7 – теплообменные аппараты; 8 – всасывающая магистраль насоса; 9 – соединительный трубопровод; 10 – расширительный бак; 11 – ёмкость с присадкой; 12 – игольчатый клапан; 13 – блок управления; 14, 16 – термометры; 15, 17 – манометры; 18 – анализатор; 19 – отводящий трубопровод

томатический трёхходовой клапан, направляет жидкость, в зависимости от её температуры, либо по трубопроводу на всасывание циркуляционного насоса 5, либо в охладитель 4. Моющая жидкость, подаваемая циркуляционным насосом 4, проходит через охладители 6 и 7, затем по трубопроводу 1 возвращается в рубашку 5. Всасывающая магистраль 8 насоса 5 соединена трубопроводом 9 с расширительным баком 10, который предназначен для хранения запаса жидкости и

Таблица 3

Физико-химические свойства исследуемых охлаждающих жидкостей

Физико-химическая характеристика	Водопроводная вода	Раствор моющей присадки
Температура кипения, °C	$100 \pm 0,5$	$101 \pm 0,5$
Температура замерзания, °C	$0,0 \pm 0,5$	$-1,0 \pm 0,5$
Водородный показатель, pH	7,6	11,3 – 11,5
Вязкость, сПз	0,985	0,987 – 1,015
Поверхностное натяжение, мН/м ²	72	36 – 38

создания гидростатического напора перед насосом 4. К расширительному баку 9 присоединена ёмкость 11 заполненная концентратом присадки к жидкости. Подача присадки в контур 1 охлаждения осуществляется через игольчатый клапан 12, который открывается и закрывается по сигналу, поступающему от блока 13 управления. Управляющее воздействие вырабатывается блоком управления на основании информации, получаемой от анализатора 18 химических и физических свойств жидкости и перепада давления, определяемого датчиками 15 и 17, при этом учитывается температура охлаждающей жидкости на входе в рубашку охлаждения и выходе из неё, определяемая датчиками 14 и 16. В анализаторе 18 определяются такие химические свойства жидкости, характеризующие её агрессивность и склонность к накипеобразованию, как водородный показатель, жёсткость, кислородо- и солесодержание и физическое свойство – оптическую проницаемость, характеризующую содержание загрязнения в растворе. Перепад давления в рубашке охлаждения позволяет оценить степень деструкции макромолекул водорастворимых полимеров и мицеллярных образований поверхностно-активных веществ, входящих в состав присадки.

Управляющее воздействие на дозирующий игольчатый клапан 12 вырабатывается в результате сравнения информации, поступившей в блок 13 управления от датчиков, и заложенных в его память требуемых значений показателей качества моющего раствора.

Возможны два способа управления дозирующим клапаном:

дискретное (релейное) управление, при котором клапан находится в одном из двух положений – «открыто» или «закрыто». Открытие (закрытие) клапана происходит при выходе регулируемых параметров за допустимые пределы.

аналоговое управление, при котором степень открытия дозирующего клапана зависит от значений показателей качества охлаждающей жидкости.

Таким образом, в предлагаемой системе охлаждения обеспечивается непрерывный и оперативный контроль качества моющей жидкости и при необходимости автоматическая предлагаемая система облегчает обслуживание объектов с жидкостными СО и повышает их надёжность.

В качестве блока управления можно использовать программируемый микропроцессор, например ATMega8 или PIC16F1823, что позволит регулировать поступление присадки в систему охлаждения в зависимости от физико-химических свойств охлаждающей жидкости.

Для промывки разомкнутых (проточных) контуров охлаждения предлагается передвижной промывочный модуль.

Высокое качество очистки поверхностей обеспечивается сочетанием эффекта Ребиндера и химической очистки кислотными растворами.

Моющий раствор содержит ингибиторы коррозии, обеспечивающие создание на поверхности металла защитной плёнки и предотвращающие коррозию очищенных участков при покачивании кислотного раствора. Затем жидкость проходит через очистительное устройство и вновь поступает в цистерну, где нагревается до исходной температуры.

После тридцатиминутного прокачивания щёлочного моющего раствора циркуляционный насос выключается, замкнутая система охлаждения опустошается самотёком, после чего по ней начинает прокачиваться кислотный моющий раствор, оказывающий на отложения, разрыхлённые и частично разрушенные, химическое воздействие. После контура охлаждения раствор также проходит через очистительное устройство и поступает в цистерну, где подогревается. Прокачивание кислотного раствора производится также от 0,5 до 3 ч. в зависимости от степени загрязнённости полостей и характера отложений. Затем цикл очистки системы может быть повторен.

Прокачивание моющих растворов осуществляется с пульсациями давления, которые достигаются применением редукционного клапана, открывающегося при достижении давлением жидкости определённого значения.

Пульсация давления может иметь также кавитационную природу. В этом случае источником автомодельных колебаний является генератор кавитации или устройство типа трубы Вентури. Увеличение скорости жидкости в узком сечении трубы Вентури вызывает падение местного статического давления. Постепенное увеличение расхода жидкости приводит к снижению давления до критического, равного или близкого к давлению насыщенных паров жидкости и возникновению кавитации. Подвод энергии к колебательной системе при этом обусловлен изменением потерь полного давления на внезапное расширение потока за кавитационной каверной. Если подвод энергии превышает её рассеивание на гидравлических сопротивлениях, то в системе будут наблюдаться колебания с увеличивающейся амплитудой. Нелинейные зависимости потерь полного давления на внезапное расширение потока от размеров кавитационной полости и расхода на выходе из трубы Вентури, а также нелинейная зависимость гидравлического сопротивления системы за трубкой Вентури от расхода на выходе из трубы приводят к ограничению амплитуды и установлению автоколебаний в системе за кавитирующими трубкой Вентури. Механизм кавитационных автоколебаний в системе с труб-

кой Вентури применим и для других кавитирующих элементов с сужающе-расширяющимися каналами местных гидравлических сопротивлений.

Кавитационные автоколебания могут быть возбуждены в гидравлической системе без применения дополнительных устройств непосредственно высокогооборотным центробежным насосом. Скрытая кавитация, несмотря на существование в проточной части кавитационных каверн, не оказывает заметного влияния на статические выходные параметры насоса (напор, мощность, КПД), но приводит к изменению динамических характеристик системы и при определённых условиях вызывает самовозбуждение колебаний давления и расхода в системе.

Между прокачиванием щелочного и кислотного моющих растворов производится промывка системы нейтральной жидкостью, например водой, что позволяет избежать реакции нейтрализации между кислотным и щелочным растворами, уменьшить расход моющих растворов и увеличить срок их службы.

Устройство для очистки технических систем иллюстрируется рис. 2.

Устройство работает следующим образом. Перед началом промывки система охлаждения дви-

гателя или литейной формы отключается от централизованной (цеховой) системы водоснабжения. Система охлаждения опустошается и подсоединяется при помощи штуцеров к трубопроводам 16 и 17 промывочного модуля. ПАВ-содержащий моющий раствор, нагретый до требуемой температуры нагревателем 11, из ёмкости 2 по трубопроводу 13 через трёхходовой клапан 6 и трубопровод 15 подаётся к циркуляционному насосу 4. Циркуляционный насос 4 нагнетает моющий раствор через генератор пульсации давления 10 по трубопроводу 16 в систему охлаждения. После прохождения по системе охлаждения моющий раствор отводится из пресс-формы 1 по трубопроводу 17 к очистному устройству 7, где из него при помощи фильтра 9 и гидроциклиона 8 удаляются смытые механические частицы. Очищенный раствор по трубопроводу 20 через трёхходовой клапан 5 возвращается в ёмкость 2 и подогревается в ней до nominalной температуры (320–360 °K) и вновь поступает к циркуляционному насосу 4. При прокачивании ПАВ-содержащего моющего раствора на очищенных металлических поверхностях создаётся защитная плёнка перед прокачиванием кислотного раствора.

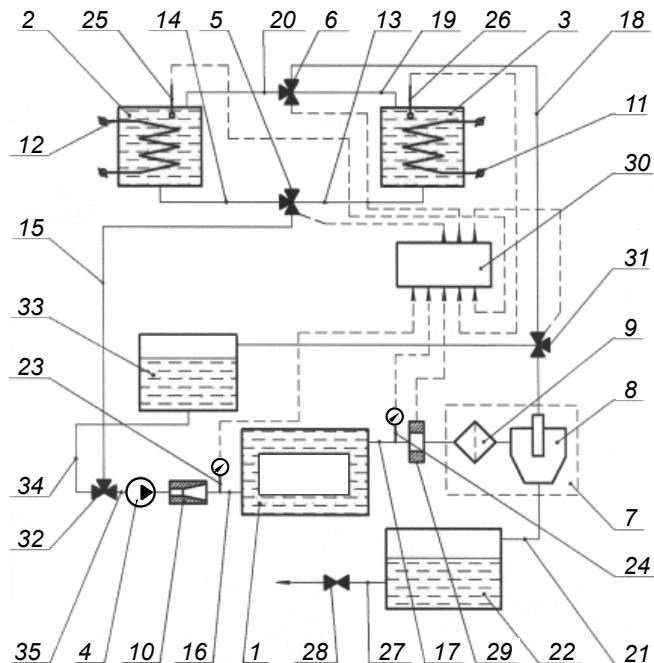


Рис. 2. Модуль для промывки проточных контуров охлаждения:

1 – замкнутый контур охлаждения; 2, 3 – ёмкости для хранения моющих растворов, соответственно, щелочного и кислотного; 4 – циркуляционный насос; 5, 6 – трёхходовые краны; 7 – очиститель, состоящий из сетчатого фильтра – 8 и гидравлического циклона – 9; 10 – генератор пульсации давления жидкости; 11, 12 – подогреватели жидкостей; 13–21 – трубопроводы (шланги); 22 – ёмкость для сброса загрязнений; 23, 24 – манометры; 25, 26 – термометры; 27 – трубопровод (шланг); 28 – клапан; 29 – фотоэлемент; 30 – автоматическое управляемое устройство; 31, 32 – трёхходовые клапаны; 33 – ёмкость; 34 – трубопровод (шланг); 35 – всасывающая магистраль насоса

31, 32 – трёхходовые клапаны; 33 – ёмкость; 34 – трубопровод (шланг); 35 – всасывающая магистраль насоса

Через 30 мин. работы циркуляционный насос 4 выключается, система охлаждения опустошается самотёком, клапан 31 переводится в положение, сообщающее гидроциклон 8 с ёмкостью 33, заполненной нейтральной промывочной жидкостью, например водой. Через трубопровод 34 и трёхходовой клапан 32 ёмкость 33 сообщается с всасывающей магистралью циркуляционного насоса 35, при этом магистраль 35 разобщается с трубопроводом 15. Насос 4 включается и в течение 5 мин. производится промывка системы нейтральной жидкостью (водой).

После окончания промывки нейтральной жидкостью клапаны 31 и 32 переводятся в положения, исключающие циркуляцию через ёмкость 33 и трубопровод 34, клапаны 5 и 6 переводятся в положения, при которых к циркуляционному насосу 4 кислотный моющий раствор подводится из ёмкости 3 по трубопроводу 14 через трёхходовой клапан 5 и трубопровод 15. После прохождения системы охлаждения пресс-формы 1 и очистки в фильтре 9 и гидроциклоне 8 моющий раствор по трубопроводу 20 через трёхходовой клапан 5 и трубопровод 19 возвращается в ёмкость 3, где при помощи нагревателя 12 подогревается до名义альной температуры (320–360 °К) и вновь поступает к насосу 4.

Смытые продукты загрязнения отводятся из гидроциклиона по трубопроводу 21 в ёмкость 22, которая опустошается по мере наполнения через трубопровод 27 и клапан 28. Манометры 23 и 24 служат для определения потери давления в системе охлаждения и оценки степени её загрязнённости. Показания манометров, соответствующие чистой системе охлаждения, являются сигналом для прекращения промывки. Степень чистоты системы контролируется также по замутнённости (оптической плотности) отводимого моющего раствора при помощи фотоэлемента 29. Промывка прекращается, когда оптическая плотность моющего раствора соответствует заданной величине.

Управление промывочным модулем осуществляется вручную либо автоматически при помощи

специального устройства (АСУ) 30, получающего сигналы от манометров 23 и 24, термометров 25 и 26, фотоэлемента 29, таймера и управляющего работой циркуляционного насоса 4, клапанов 5 и 6 и нагревателей 11 и 12.

После окончания промывки циркуляционный насос 4 отключается, система охлаждения 1 опустошается самотёком, отсоединяется от промывочного модуля и подключается к централизованной (цеховой) системе водоснабжения.

Высокие моющие свойства разработанного средства подтверждены при промывке систем охлаждения главных и вспомогательных двигателей судов Северо-Западного пароходства, систем охлаждения волочильных станов ОАО «Северсталь», систем охлаждения литейной оснастки ОАО «Тутаевский моторный завод».

Библиографические ссылки

1. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии [под ред. И.В. Семеновой]. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 336 с.
2. Сурин С.М. Подготовка и контроль качества воды для судовых энергетических установок. М.: Транспорт, 1978. 152 с.
3. Стародомский М.В., Маляров В.С., Гальченко А.В. Измерение термического сопротивления отложений в системах охлаждения ДВС // Двигателестроение. 1988. № 3. С. 23–24.
4. Тузов Л.В., Безюков О.К., Жуков В.А. Защита элементов жидкостных систем охлаждения ДВС от кавитационно-коррозионных разрушений // Двигатель–97: материалы междунар. науч.-техн. конф. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. С. 67–68.
5. Моющие средства, их использование в машиностроение и регенерация / А.Ф. Тельнов, Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов и др. М.: Машиностроение, 1993. 208 с.
6. Применение ПАВ типа октадециламина для снижения износа второго контура АЭС / И.А. Шалобасов, А.Н. Кукушкин, В.А. Михайлов, Э. Чемпик // Трение и износ. 1991. Т. 12. № 5. С. 920–924.
7. Безюков О.К., Жуков В.А. Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания // Патент России № 2459093. 2012. Бюл. № 23.

Уважаемые читатели!

Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При этом ссылка на журнал обязательна.

УДК 621.002.5

В.М. Святский, канд. техн. наук, доц., **Б.А. Сентяков**, д-р техн. наук, проф.,

К.Б. Сентяков, канд. техн. наук, доц.

(Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова)

svlad-2000@rambler.ru

РАСЧЁТ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ДУТЬЕВОЙ ГОЛОВКИ

Рассмотрены метод расчёта средней скорости потока в рабочей зоне дутьевой головки и моделирование скоростных параметров потока с помощью программного комплекса Flow Vision. Приведены результаты расчётов и компьютерного моделирования.

Ключевые слова: дутьевая головка, процесс волокнообразования, моделирование потока, Flow Vision.

Calculation method of the flow average velocity in the working zone of the blowing head and flow speed parameters modelling stream by means of the software package Flow Vision are considered. The calculation and computer modeling results are adduced.

Key words: blowing head, filament formation, flow modelling, Flow Vision.

Среди известных конструкций дутьевых головок для получения волокнистых материалов способом раздува наибольший интерес представляет дутьевая головка с кольцевым сходящимся соплом [1–5]. При таких технических решениях струя расплавленного материала проходит через центральное отверстие, вокруг которого размещено кольцевое сходящееся сопло, а основная часть энергии воздушного потока, истекающего из сопла, расходуется на расщепление струи расплавленного материала на элементарные волокна. При этом эффективность процесса волокнообразования и качество получаемого материала во многом зависят от скорости воздушного потока, действующего на струю расплавленного материала.

Дутьевая головка, схема которой представлена на рис. 1, состоит из двух основных конструктивных элементов: верхнего 1 и нижнего 2, образующих между собой кольцевую полость 3 для подвода сжатого воздуха, сходящийся кольцевой зазор 4 и диффузор 5. Струя расплавленного материала поступает через центральное отверстие 7 элемента 1 в рабочую зону устройства 6 и под действием сил со стороны воздушного потока, истекающего из кольцевой полости устройства, деформируется на струйки с последующей вытяжкой элементарных волокон. На рис. 1 представлен и график $v(x)$, показывающий распределение средней скорости воздушного потока в характерных сечениях устройства.

При определении средних по сечениям рабочей зоны скоростей воздушного потока принято допущение о равномерном распределении скоростей по рассматриваемым сечениям.

При подаче в рабочую зону устройства расплавленного полиэтилентерефталата была подтверждена его работоспособность при избыточном давлении сжатого воздуха от 0,01 до 0,1 МПа [3]. Поэтому сжимаемостью воздуха и изменением его термодинамических параметров пренебрегаем.

Положительным качеством рассматриваемой конструкции является интенсивное эжектирование воздуха из сообщающегося с атмосферой центрального отверстия 7 в элементе 1.

Значения разрежения p_B , давления в кольцевой полости p_K и коэффициенты расхода воздуха μ_B , μ_K определены экспериментально. Первоначально определялась величина разрежения p_B . Эксперимент проводился при закрытом атмосферном отверстии, что обеспечило максимальную величину разрежения.

В центральное отверстие герметично вставлялась трубка, соединенная с вакуумметром. Через подводящий канал подавался сжатый воздух давлением p_K . Давление на входе в кольцевой полости p_K измерялось манометром с пределом измерения 0,4 МПа класса точности 0,6. Величину разрежения p_B измеряли тягонапорометром типа ТНМП-52 с пределом измерения 0,012 МПа.

Коэффициенты μ_B и μ_K определялись по величине расхода воздуха Q_B и Q_K при разных давлениях p_K и p_B . Величина расхода воздуха измерялась ротаметром типа РМ-04 с рабочим диапазоном измерения 0,75–4,3 м³/ч.

При известном расходе воздуха рассчитывалась скорость воздушного потока без проведения дополнительных экспериментов в заданном диапазоне геометрических параметров проточной части устройства.

Управляемыми параметрами в устройстве волокнообразования для получения нужной скорости воздушного потока являются давление в кольцевой полости p_k , а также геометрические размеры проточной части устройства B и K .

Расход эжектируемого воздуха Q_B в сечении I через центральное отверстие устройства определяется по формуле [6]:

$$Q_B = 0,25\mu_B \pi d_1^2 (2p_B/\rho)^{0,5}, \quad (1)$$

где μ_B – коэффициент расхода профилированной части верхнего элемента 1; d_1 – диаметр центрального отверстия; p_B – разрежение в центральном отверстии; ρ – плотность воздуха.

Тогда средняя скорость потока v_1 (далее – скорость) в сечении I, запишется в виде:

$$v_1 = 4Q_B/\pi d_1^2, \text{ или } v_1 = \mu_B(2p_B/\rho)^{0,5}. \quad (2)$$

Если принять, что профиль рассматриваемого отверстия в плоскости, проходящей через ось устройства, выполнен по окружности радиусом R , то закон изменения скорости на рассматриваемом участке при $0 \leq x < x_1$ (см. рис. 1) имеет следующий вид:

$$v_{x1} = v_1 d_1^2 / (4t^2), \quad (3)$$

где $t = R + d_1/2 - [R^2 - (R - x)^2]^{0,5}$.

Для определения осевой скорости в сечении II с учётом принятых выше допущений полагаем, что струя расплавленного материала, проходящего через рабочую зону устройства, не вызывает изменения сопротивления истечению воздушного потока. Расход воздуха при истечении расплавленного материала через кольцевое сходящееся сопло Q_K шириной B определяется по формуле [6]:

$$Q_K = \mu_K \pi B d_1 (2p_K/\rho)^{0,5}, \quad (4)$$

где μ_K – коэффициент расхода кольцевого сопла; B – ширина кольцевого зазора; p_K – давление воздуха в кольцевой полости устройства.

В этом случае скорость воздушного потока в сечении II :

$$v_2 = 4(Q_B + Q_K)/\pi d_2^2, \quad (5)$$

где d_2 – внутренний диаметр нижнего элемента.

Для упрощения расчётов будем считать, что увеличение скорости между сечениями I и II происходит по линейному закону. Тогда на этом участке скорость изменяется по закону:

$$v_{x2} = v_1 - A(v_2 - v_1)/K + x(v_2 - v_1)/K. \quad (6)$$

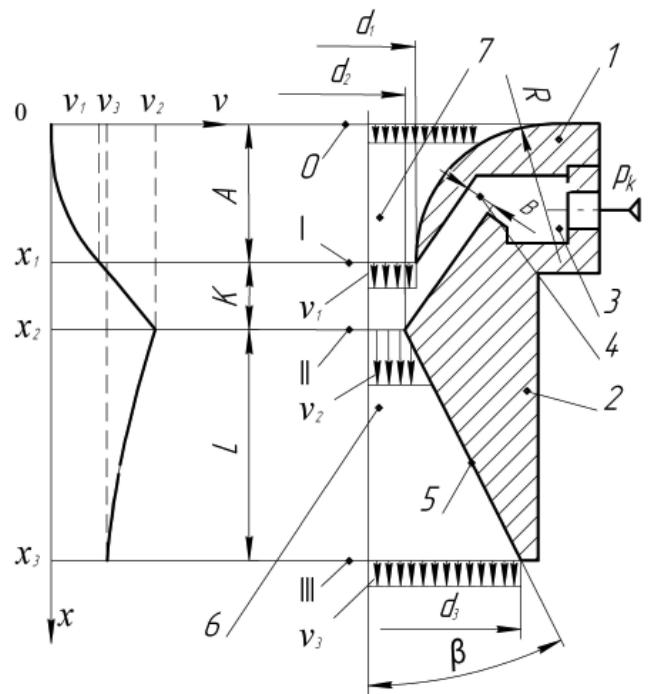


Рис. 1. Схема дутьевой головки и распределение средней скорости воздушного потока в характерных сечениях

В крайнем нижнем сечении III на выходе струи из диффузора скорость воздушного потока v_3 уменьшается и определяется по формуле:

$$v_3 = v_2 d_2^2 / d_3^2, \quad (7)$$

где $d_3 = d_2 + 2L \operatorname{tg}\beta$; β – угол расширения диффузора.

На участке между сечениями II и III

$$v_{x3} = v_2 d_2^2 / [d_2 + 2(x - A - K) \operatorname{tg}\beta]^2. \quad (8)$$

Скорость воздушного потока в характерных сечениях устройства рассчитывалась для следующих параметров: $d_1 = 0,0091$ м; $d_2 = 0,0095$ м; $d_3 = 0,023$ м; $A = 0,0126$ м; $B = 0,0003$ – $0,0006$ м; $K = 0,0062$ – $0,0069$ м; $L = 0,04$ м; $\beta = 10^\circ$; $\mu_B = 0,1$; $\mu_K = 0,8$; $p_K = 50\ 000$ – $120\ 000$ Па; $p_B = 6\ 000$ – $21\ 000$ Па.

На рис. 2 представлены результаты расчётов.

В результате анализа полученных зависимостей установлено, что наибольшая скорость воздушного потока создается на нижнем срезе кольцевого сопла. Именно на этом участке деформируется струя расплавленного материала на элементарные струйки с последующей вытяжкой элементарных волокон. Ниже происходит вытягивание и охлаждение элементарных волокон до температуры ниже температуры плавления материала. Процесс волокнообразования прекращается. Следует отметить, что для разных исходных материа-

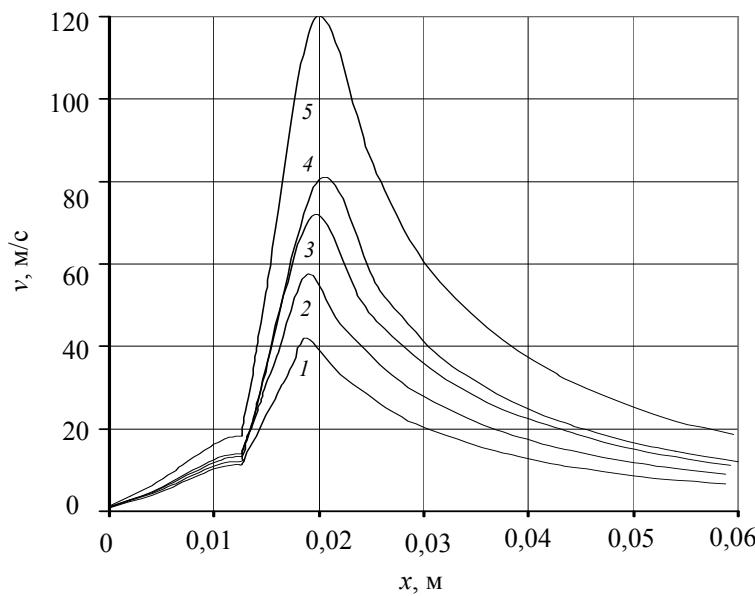


Рис. 2. Средняя скорость воздушного потока в характерных сечениях дутьевой головки:

1 – $p_k = 50\ 000$ Па, $B = 0,0003$ м, $K = 0,0062$ м; 2 – $p_k = 100\ 000$ Па, $B = 0,0003$ м, $K = 0,0062$ м;
3 – $p_k = 70\ 000$ Па, $B = 0,00046$ м, $K = 0,0067$ м; 4 – $p_k = 50\ 000$ Па, $B = 0,0006$ м, $K = 0,0069$ м;
5 – $p_k = 125\ 000$ Па, $B = 0,0006$ м, $K = 0,0069$ м

лов существует своя рациональная скорость воздушного потока, при которой обеспечивается получение волокон требуемого качества.

Для проверки расчётных гипотез и уточнения результатов проведено компьютерное моделирование скоростных параметров потока в дутьевой головке. Моделирование реализовано в программном комплексе *Flow Vision*, признанном и сертифицированном инструменте моделирования гидро-газо-термодинамических процессов. Из предлагаемых расчётных моделей выбрана модель течения несжимаемой жидкости с расчётом по скорости с учётом турбулентности. Границными условиями задавались питающий расход воздуха $Q_{вх} = 1,5 \times 10^{-3}$ м³/с и свободные выходы с нулевым давлением через верхний и нижний диффузоры.

В результате моделирования получено распределение осевой скорости на разных поперечных сечениях рабочей зоны дутьевой головки (рис. 3). Поперечные сечения располагались на следующих осевых координатах:

до кольцевого сопла $x_1 = 2,5$; $x_2 = 7,5$; $x_3 = 12,5$ мм;
после сопла $x_4 = 17,5$; $x_5 = 22,5$; $x_6 = 27,5$; $x_7 = 32,5$ и $x_8 = 37,5$ мм.

Не меньший интерес представляет векторное поле скорости в рабочей зоне дутьевой головки, представленное на рис. 4.

Интегрированием распределённой скорости по площади поперечного сечения получен график изменения расхода по высоте сечения. На

рис. 5 горизонтальной прямой показан уровень питающего расхода, а точками интегрированный расход.

По известным расходу и площади поперечного сечения рассчитана зависимость средней по сечению осевой скорости потока от осевой координаты (рис. 6).

Анализ результатов расчётов и компьютерного моделирования позволяет сделать следующие выводы:

эжекция воздуха через верхний диффузор добавляет к питающему расходу до 40 %;

наибольшая скорость потока наблюдается на выходе кольцевого сопла;

ниже кольцевого сопла основной поток находится на периферии сечения, а в центральной зоне скорость близка к нулю и наблюдается небольшое эжектирование через нижний диффузор;

результаты расчёта и компьютерного моделирования не противоречивы и подтверждают справедливость принятых гипотез и допущений.

Представленные выше результаты можно использовать при проектировании устройств для получения волокнистых материалов из минеральных и термопластичных расплавов при реализации технологии вертикального раздува. Полученный закон изменения скорости воздушного потока в рабочей зоне устройства волокнообразования является определяющим при расчёте среднего диаметра элементарных волокон. Кро-

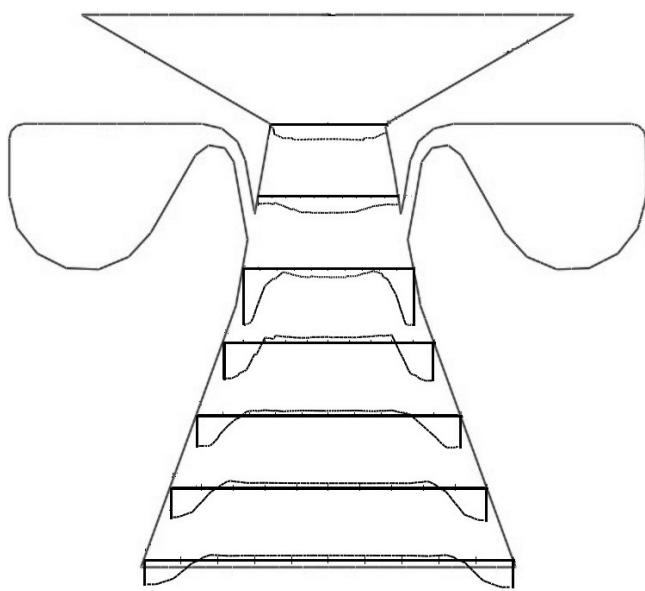


Рис. 3. Эпюры распределения осевой скорости потока воздуха

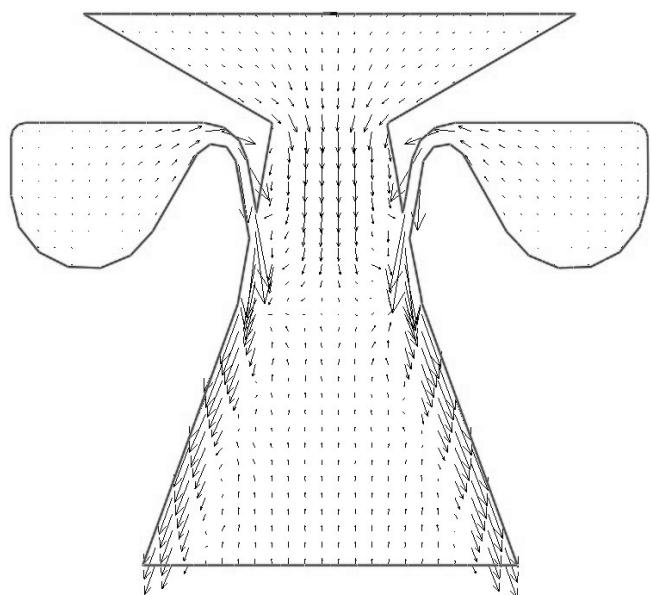


Рис. 4. Векторное поле скорости потока воздуха

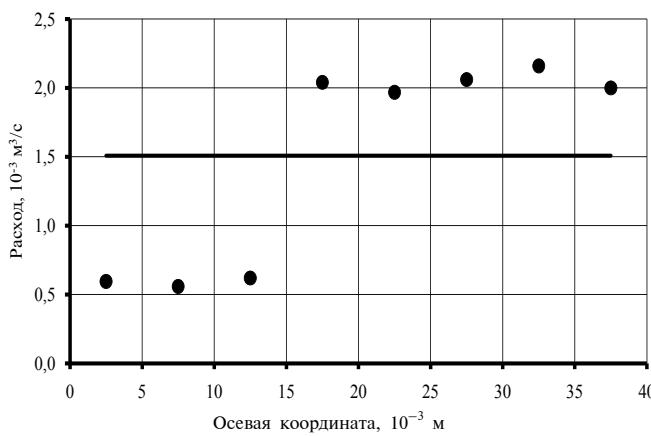


Рис. 5. Распределение расхода воздуха по оси канала

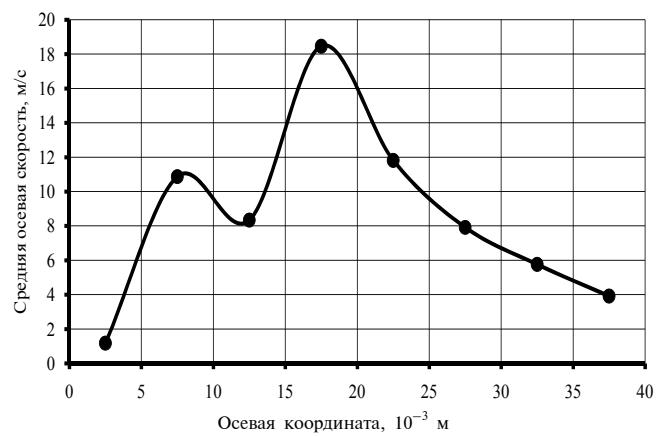


Рис. 6. Распределение средней скорости потока воздуха по оси канала

ме того, возможно дальнейшее совершенствование волокнообразующего устройства с получением волокнистых материалов требуемого качества.

Библиографические ссылки

1. Святский В.М. Технология производства полиэтилентерефталатного волокна способом вертикального раздува // XVIII Туполовские чтения: мат. междунар. конф. Казань. Ч. 1. 2010. С. 50–51.

2. Сентяков Б.А., Широбоков К.П., Святский В.М. Методика расчёта средней скорости воздушного потока в рабочей зоне устройства волокнообразования //

Машиностроение и инженерное образование. 2010. № 3. С. 20–25.

3. Технология и оборудование для производства волокнистых материалов способом вертикального раздува // А.И. Шиляев, К.П. Широбоков, Б.А. Сентяков и др.: монография. Ижевск: изд-во ИжГТУ, 2008. 248 с.

4. Печенный Н.И., Гаврилюк В.П., Коновалов Н.Г. Дутьевая головка // А.с. № 1525122. С03В 37/06.

5. Сентяков Б.А., Сентяков К.Б., Шайхразиев Ф.Ф., Широбоков К.П. Дутьевая головка // Патент России № 2360871. 2009. Бюл. № 19.

6. Дейч М.Е. Техническая газодинамика. М.: Энергия, 1974. 592 с.

УДК 004.942

А.А. Голубева, Ю.Б. Гриценко, канд. техн. наук, доц., Н.Ю. Салмина, канд. техн. наук, доц.
(Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)

Sasha_karateka@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЁТКИХ ВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Представлена методика моделирования расчётного времени эвакуации людей из зданий и сооружений при возникновении пожаров с использованием нечётких временных сетей Петри и имитационного моделирования. Построена потоковая сеть Петри на основе плана эвакуации из здания, а также имитационная модель на языке моделирования GPSS. Определены входные и выходные параметры модели с помощью ввода неопределённости в базовую структуру сети Петри. Проведён эксперимент, по результатам которого получено значение выходного параметра модели.

Ключевые слова: пожарная безопасность, пожарные риски, имитационная модель, нечёткие временные сети Петри, сети Петри, язык моделирования GPSS.

The estimated time modeling methodology for people evacuation from buildings and constructions at fires emergence through the use of fuzzy temporary Petri net and imitating modeling is presented. Stream Petri net on the basis of the evacuation plan from the building and imitating model in the modeling language GPSS are constructed. Input and output model parameters by means of uncertainty input in the Petri net basic structure are determined. Experiment was conducted and from the experiment results the model output parameter value is received.

Key words: fire safety, fire risks, imitating model, fuzzy temporary Petri net, Petri net, modelling language GPSS.

В настоящее время активно ведётся разработка средств по обеспечению безопасности в местах массового скопления людей. Актуален вопрос построения моделей для проведения расчётов по оценке пожарного риска. Большое внимание уделяется моделированию такой компоненты расчёта пожарного риска, как время эвакуации людей из зданий и сооружений при возникновении пожаров. Расчёт этой компоненты является достаточно сложным, так как сопровождается большим количеством параметров, которые необходимо учесть при расчёте времени эвакуации. Соответственно, при построении модели эвакуации людей из зданий и сооружений возникает ряд вопросов: влияние психофизического состояния, социального поведения отдельных людей на скорость движения эвакуируемых, на ускорение, плотность и интенсивность потока, выбор маршрута, время задержки, формирование очереди, переформирование потока и т. д.

Для эффективного моделирования процесса эвакуации основными перспективными областями для исследования являются: влияние противотока на движение, осуществляющее на лестничных клетках, эвакуация людей разных групп мобильности, реакция людей на оповещение о пожаре, время задержки эвакуации, потоки на различных типах лестницы, поведение людей, влия-

ние степени тренированности людей на общее время эвакуации, восприятие риска, взаимодействие между людьми во время эвакуации.

Сегодня невозможно дать полное математическое описание человеческого поведения, так как действия человека определяются большим количеством факторов, в том числе таких, как социальное, психологическое и физическое состояние человека. Наиболее эффективным средством для исследования данной проблемы является использование компьютерных моделей эвакуации. Современные компьютерные эвакуационные модели предназначены, главным образом, для определения времени эвакуации людей, определения выбора маршрута, моделирования изменения параметров людского потока. Такие модели позволяют определить возможные области скопления людей при эвакуации. Многие модели включают визуализацию движения потоков людей, моделирование человеческого поведения, определение наилучших маршрутов эвакуации и т. д. [1]

Опираясь на анализ используемых в настоящее время компьютерных моделей [1], можно сделать вывод, что, несмотря на все возможности этих моделей, ни одна из них не может в полной мере учесть специфику эвакуации и рассчитать расчётные величины пожарного риска.

В данной работе приводится решение существующих проблем с помощью построения имитационной модели эвакуации людей с использованием аппарата нечёткой временной сети Петри и языка моделирования GPSS.

При расчёте времени эвакуации большое внимание уделяется построению моделей потокового движения людей, так как людской поток характеризуется большим количеством параметров. Чтобы рассчитать время эвакуации необходимо выявить функциональную зависимость всех параметров модели от скорости движения. Для представления достоверных расчётов учёт данных факторов необходим вне зависимости от выбранного аппарата моделирования.

Описание методики моделирования времени эвакуации при пожаре. Для построения компьютерной модели потокового движения людей необходимо как её формальное описание, так и выявление всех зависимостей параметров процессов, которые в ней протекают.

Наиболее удачным инструментом представления модели потокового движения людей является представление модели на основе нечёткой временной сети Петри.

Для построения имитационной модели анализа процесса эвакуации людей в качестве примера,

предлагается представить план эвакуации из здания (рис. 1) в виде нечёткой временной сети Петри (рис. 2). В данной сети неопределённости помещены в отдельные компоненты базовой математической структуры (неопределённость задания начальной маркировки, времени задержки маркеров в позициях и срабатывания переходов). Таким образом, можно решить следующие вопросы: расслоение потока по скоростям, учёт времени задержки в очередях, влияние противотока на время эвакуации, время реакции людей на оповещение о пожаре, принятие человеком решений о выборе маршрута в экстремальных условиях, нестационарность распределения людей внутри помещения, специфику эвакуации смешанного потока.

Графически нечёткие временные сети Петри представляются в виде ориентированного двудольного графа, аналогично классическим сетям Петри. Особенностью графического представления сети является изображение позиций (мест) в виде кружков, а переходов – в виде чёрточек (барьеров). Дуги графа соединяют позиции с переходами, а переходы с позициями. Под позициями будем понимать помещения, дверные проёмы и коридоры, в которых концентрируются маркеры, а под маркерами людей, находящихся в

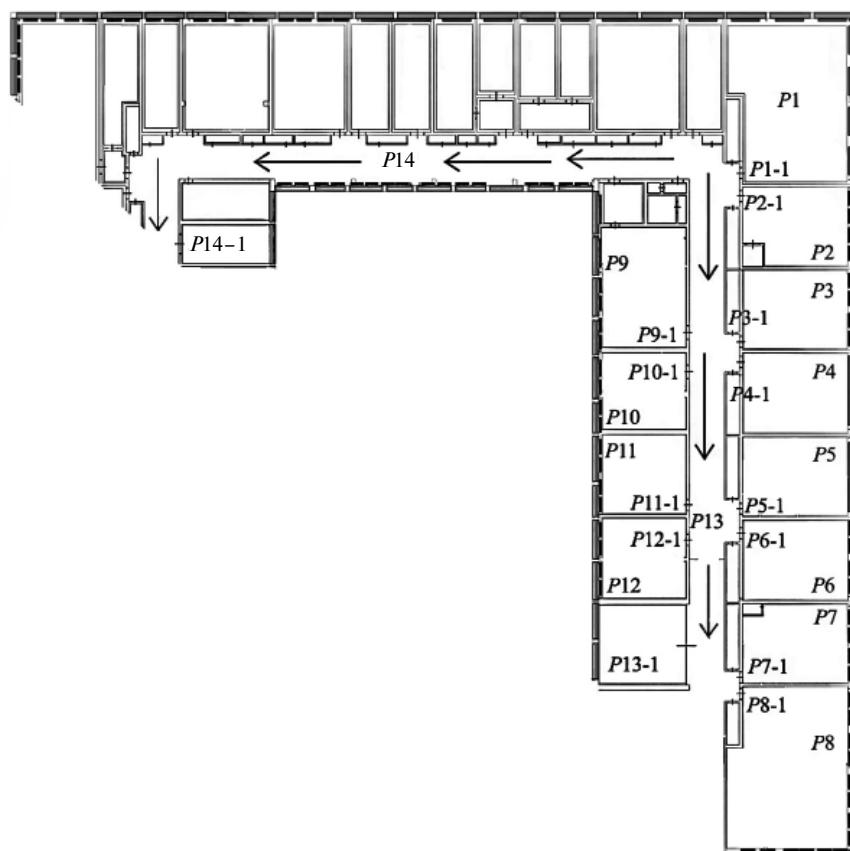


Рис. 1. Пример плана эвакуации людей из здания

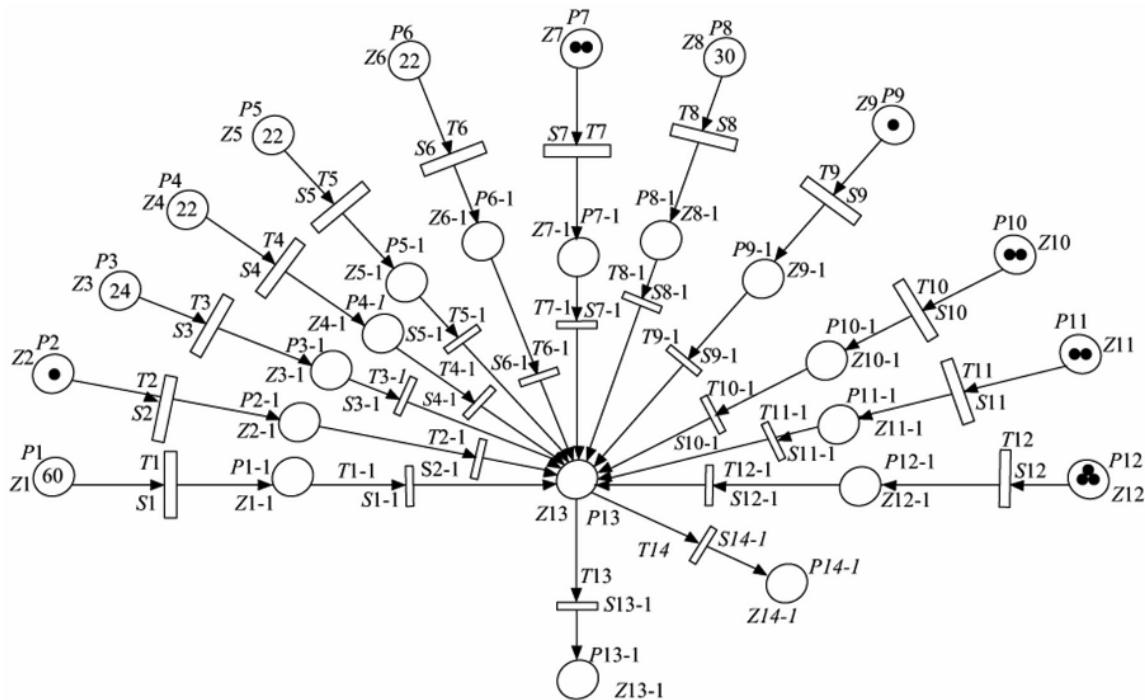


Рис. 2. Графическое представление плана эвакуации людей с помощью нечёткой временной сети Петри

помещениях. Над позициями размещается вектор параметров временных задержек маркеров в позициях, а над переходами – вектор параметров времени срабатывания разрешённых переходов [2].

На рис. 1 пронумерованы те помещения, которые включены в имитационную модель для проведения эксперимента. Например помещению с номером P_1 соответствует позиция с номером P_1 на рис. 2. Дверному проему P_{11-1} (см. рис. 1) соответствует позиция P_{11-1} (см. рис. 2). На рис. 2 T_1 является условием перехода маркера из позиции P_1 в P_{11} . Число в позиции означает максимальное количество маркеров/людей в данном помещении.

Также на графике, представленном на рис. 2, введены следующие обозначения: $Z[i]$ – векторы временных задержек маркеров в позициях; $S[i]$ – времена срабатывания переходов, где каждый компонент $Z[i]$ и $S[i]$ представляет собой треугольное нечеткое число $Z[i] = (a_i, b_i, c_i)$ и $S[i] = (a_i, b_i, c_i)$, ($\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$).

Анализ процесса эвакуации людей нечеткими временными сетями Петри. Выше отмечено, что для анализа процесса эвакуации людей с помощью нечетких временных сетей Петри, предлагается ввести неопределенность во все три входных параметра нечетких временных сетей Петри. Неопределенность может быть описана с позиций теории нечетких множеств.

В качестве входных переменных будем рассматривать пять нечетких лингвистических пере-

менных: загрузка малого, среднего и большого помещений, время задержки и перехода.

В качестве выходной лингвистической переменной рассмотрим нечеткую лингвистическую переменную (время эвакуации).

Все помещения моделируемой области условно разбиты на три класса: малые, средние, большие. На основе статистических данных в процентном отношении определены терм-множества каждой лингвистической переменной (минимальная, средняя и максимальная загрузка помещений) (рис. 3, *a*, *b*, *в*). Аналогичным образом, опираясь на данные таблиц «Значения времени начала эвакуации для помещений различного функционального назначения при системах оповещения и управления эвакуацией» [3], в качестве терм-множества второй лингвистической переменной «время задержки», используются терм-множества: минимальное, среднее и максимальное время задержки (рис. 3, *г*).

Предполагая, что время задержки – это время начала движения маркера (т.е. промежуток времени от сигнала начала эвакуации до момента начала движения человека к эвакуационным выходам, т.е. время реакции на сигнал тревоги), рассчитываем интенсивность потока как обратную величину времени задержки: $q = 1/t_{\text{задержки}}$. При этом предполагается, что время задержки подчиняется равномерному закону распределения.

Опираясь на данные таблиц «Интенсивность и скорость движения людского потока на разных

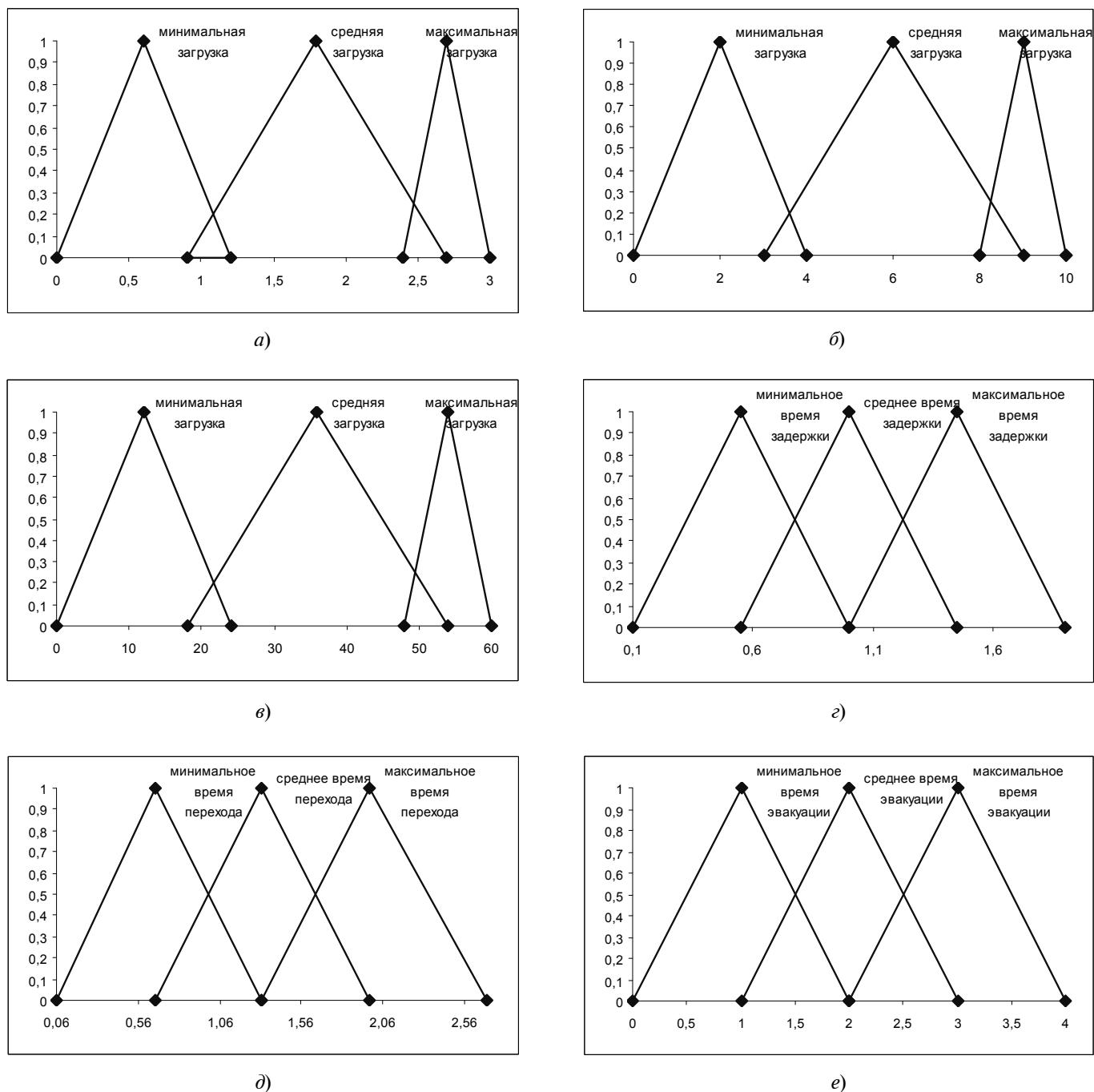


Рис. 3. Графическое представление лингвистических переменных:
 а, б, в – загрузка малого, среднего и большого помещений;
 г, д, е – время задержки, перехода и эвакуации

участках путей эвакуации в зависимости от плотности» [4], находим функцию зависимости скорости движения каждого человека внутри помещения от интенсивности потока.

На основе полученных переменных «время задержки», «интенсивность» и «скорость» определяем лингвистическую переменную «время перехода», учитывая, что время перехода зависит от скорости движения: $t = l/v$, где v – скорость движения; l – длина перехода.

На основе анализа полученных данных находим лингвистическую переменную «время перехода», определяя терм-множества: минимальное, среднее и максимальное время перехода (рис. 3, д).

В качестве терм-множества выходной лингвистической переменной «время эвакуации» используется множество: минимальное, среднее и максимальное время эвакуации (рис. 3, е).

На основе полученных данных построена имитационная модель на языке моделирования GPSS.

Объекты языка в модели несут следующую смысловую нагрузку: транзакты – люди, устройства – дверные проёмы. Каждое помещение моделируемой области представлено в виде сегмента модели, в котором количество транзактов (людей, находящихся в помещении) генерировалось по одной из функций (см. рис. 3, а, б, в). Время задержки, условно принятое за время реакции транзактов/людей на сообщения, генерировалось по функции, представленной на рис. 3, г.

Время перехода в помещении генерировалось по функции, представленной на рис. 3, д, построенной на основании таблиц [3].

Длина дверного проёма принимается равной нулю. Тем не менее, именно дверные проёмы являются местами образования возможных заторов в силу ограничения людского потока, а также наличия препятствий в виде дверей, порогов и т. п. Кроме того, в реальности на преодоление дверного проёма (вместе с открыванием двери и возможным порогом) затрачивается не нулевое время. В силу указанных причин и на основе натурного эксперимента решено, что время перехода через дверной проём подчинено экспоненциальному закону и равно в среднем 2 с.

Вопросы нестационарности распределения людей, учёта времени задержки в очередях, реакции людей на оповещение о пожаре, эвакуации смешанного потока решены с помощью построения имитационной модели эвакуации людей с использованием аппарата нечёткой временной сети Петри, введения неопределённости в отдельные компоненты базовой математической структуры и языка моделирования GPSS.

Вопрос влияния противотока на время эвакуации и выбора маршрута в экстремальных условиях в имитационной модели решён с помощью распределения вероятностей движения транзакта/человека по определённым участкам пути и введения соответствующих функций.

На основе данных эксперимента можно сделать вывод, что время эвакуации, равное 3,7 мин, относиться к максимальному времени эвакуации с функцией принадлежности равной 0,3. Результаты проведённого эксперимента представлены на рис. 4 в виде графического представления лингвистической переменной «время эвакуации».

Таким образом, проведён компьютерный эксперимент, на основе которого рассчитано время эвакуации при пожаре в зависимости от загрузки помещения, времени задержки человека в помещении и времени перехода человека между помещениями. В процессе моделирования учтены вопросы расслоения потока по скоростям, время задержки в очередях, влияние противотока на время эвакуации, реакции людей на оповещение о пожаре, принятие решений о выборе маршрута

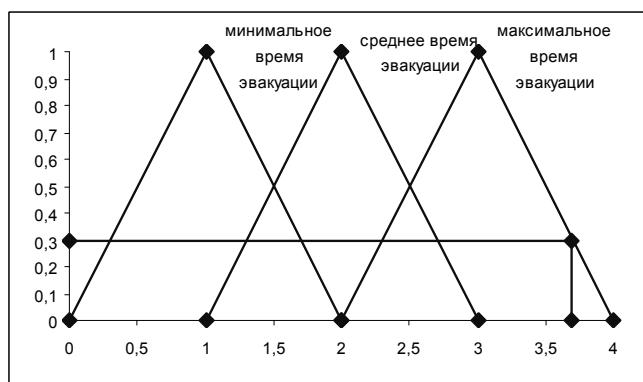


Рис. 4. Графическое представление лингвистической переменной «время эвакуации», отображающее результаты моделирования

в экстремальных условиях, нестационарность распределения людей внутри помещения, эвакуации смешанного потока.

Заключение. Таким образом, представлена методика моделирования времени эвакуации людей из зданий и сооружений при возникновении пожаров с использованием нечётких временных сетей Петри с применением имитационного моделирования.

Построена потоковая сеть Петри на основе плана эвакуации. Определены входные и выходные параметры в виде лингвистических переменных. Промоделирован процесс эвакуации на языке моделирования GPSS.

Проведён анализ полученных результатов, который позволил отразить влияние входных параметров, таких как: загрузка помещений, время задержки, время перехода на выходной параметр, время эвакуации. Построенная модель позволила учесть влияние на выходной параметр таких факторов, как расслоение потока по скоростям и противотока, время задержки в очередях, принятие человеком решения о выборе маршрута в экстремальных условиях, нестационарность распределения людей.

Выполнение данной работы проводилось при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках мероприятия 2.4 Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.», проект «Разработка Web-ориентированных геоинформационных технологий формирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры».

Библиографические ссылки

1. Егоров А.А. Математические модели и алгоритмы эвакуации людей в аварийных ситуациях в учебных зданиях: Автореф. дис. канд. тех. наук. Саратов: 2008. 195 с.

2. **Грищенко Ю.Б.** Анализ процесса эвакуации людей нечеткими временными сетями Петри // Доклады ТУСУРа. Томск: В-Спектр, 2011. № 2 (22). Ч. 2. С. 276–281.

3. **Приказ** Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.infosait.ru/norma_doc/46/46475/index.htm, свободный (дата обращения: 24.04.2012).

4. **Приказ** Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 30 июня 2009 г. № 382 г. Москва «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rg.ru/pril/34/17/84/P26.pdf>, свободный (дата обращения: 24.04.2012).



ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ

Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов

2013 г.

Объем 256 с.

Формат 60x88 1/16

ISBN 978-5-94275-607-9

Цена 800 р.



Приведены нормативные материалы, необходимые технологу-машиностроителю для расчета и выбора припусков на механическую обработку, даны рекомендации по выбору вида заготовок, составлению маршрута обработки, нормы точности, а также операционные припуски на обработку различных поверхностей деталей.

Для инженеров-технологов заводов, проектно-конструкторских организаций, а также может быть полезна преподавателям и студентам вузов.

РЕЗАНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Д.В. Кожевников, С.В. Кирсанов

2012 г.

Объем 304 с.

Формат 60x88 1/16

ISBN 978-5-94275-657-4

Цена 500 р.



Рассмотрены общие сведения о резании материалов, вопросы стружкообразования, сложные схемы резания, тепловые явления, прочность, износ и стойкость инструментов, обрабатываемость материалов резанием и особенности процесса резания многоглездвийными и абразивными инструментами.

Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов: «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU



ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 681.5.013, 681.518, 65.012.16

В.Л. Белоусов, д-р экон. наук, проф. (Московский государственный университет прборостроения и информатики), **Ю.И. Дегтярёв**, д-р техн. наук, проф., **М.В. Сергеев**, канд. техн. наук, доц. (Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы, г. Москва)

sergeev@extech.ru

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГООТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Рассмотрены концептуальные положения, связанные с перспективой создания многоотраслевой системы государственной экспертизы. Подобная система может стать эффективным инструментом управления экономикой и другими сферами деятельности.

Ключевые слова: государственная экспертиза, многоотраслевая система, объекты экспертизы, экспертный процесс, субъекты – участники процесса, методология, технологическая база, правовое обеспечение.

Conceptual regulations related to the creating perspective of diversified system of the state examination are considered. Similar system may become an effective tool for managing of the economy and other spheres of activities.

Key words: state examination, diversified system, expert objects, expert process, subjects - process participants, methodology, technological base, legal justification.

В последнее время становится всё более заметной необходимость создания единой системы государственной экспертизы (ГОЭ), которая охватывала бы разные сферы деятельности. Вызвано это, в первую очередь, осложняющимся положением дел с оценкой тех или иных проблемных ситуаций, недостаточным обоснованием соответствующих управленческих решений и, как следствие, снижающейся эффективностью расходования значительных бюджетных средств, выделяемых на развитие отраслей экономики, с очевидными последствиями для планируемых инфраструктурных преобразований, технологической модернизации, достижения социальной стабильности, общей безопасности, роста качества жизни и т. д.

Следует особо подчеркнуть, что сама идея ГОЭ была частично реализована более 20 лет назад постановлением Правительства (тогда ещё РСФСР) от 01.04.91 г. № 182 «О введении государственной экспертизы в сфере науки», установившим требование её проведения во всех случаях бюджетного финансирования исследований и разработок, а также – создания единой организационно-методической базы для выполнения экспертных работ. Позднее, при пересмотре в 1992 г. ряда прежних правительственный актов, указанная идея была полностью сохранена (за исключением от-

дельных «второстепенных» моментов, перечисленных в постановлении Правительства Российской Федерации от 18.03.92 г. № 172 «О признании утратившими силу некоторых решений Правительства РСФСР по вопросам оплаты труда работников науки»), однако в дальнейшем нашла лишь общее (без детализации) отражение в статье 14 Федерального закона 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике».

Естественно, экспертиза как разновидность научно-оценочной деятельности существовала и раньше, однако подходы к ней и формы её проведения не регламентировались и были скорее отражением сложившихся традиций и опыта, чем методологически обоснованными приёмами и правилами. Расширение и усложнение научных исследований, начавшееся во второй половине 20-го в. и сопровождавшееся усилением конкуренции и борьбы за финансовые ресурсы (прежде всего – бюджетные), породило опасность снижения уровня получаемых результатов и крайне неэффективного расходования денежных средств. В этих условиях речь уже не могла идти о сохранении полезных традиций и опыта. На повестку дня были поставлены актуальные вопросы разработки принципов организации и проведения ГОЭ, формирования единого технологического цикла работ, определения главных его участни-

ков с их правами, обязанностями и выполняемыми функциями, официального закрепления всех этих моментов в стандартах, регламентах, положениях и, в конечном счёте – в модельных (желательно и в федеральных) законах.

Опыт развития и практического применения организационных и методических установок государственной экспертизы в сфере науки показывает, что её основа может успешно использоваться при формировании полномасштабной многоотраслевой системы ГОЭ и, скорее всего, оказывается единственной приемлемой альтернативой разрозненным попыткам ограничиться ведомственными, зачастую несогласованными и плохо контролируемыми приёмами ведения экспертной работы «собственными силами». В этом отношении преемственность всегда более эффективна, чем подходы, предлагающие всё начинать «с чистого листа», поскольку уже имеющиеся наработки будут неизбежно повторены в силу специфики решаемых задач [1–17].

На концептуальном уровне Многоотраслевая система государственной экспертизы (далее для краткости СИСТЕМА) будет определена, если определены её цель, состав, структура, задачи и функции, объекты экспертизы, субъекты-участники экспертного процесса, принципы организации, методология, технологическая база, материально-техническая база, правовое обеспечение. В каких-то случаях этот список может быть расширен и уточнён, хотя он представляется достаточным для проводимого обсуждения общесистемной проблематики тем более, что дополнен развёрнутыми комментариями, приводимыми ниже.

В общем представлении ЦЕЛЬЮ (или главной целевой установкой) СИСТЕМЫ должно стать возможно более полное устранение неопределённостей, возникающих в ходе подготовки и принятия ответственных управлеченческих решений применительно к складывающимся обстоятельствам, и повышение за счёт этого качества и объективности таких решений. Здесь пока нет необходимости говорить о «всестороннем анализе...», «оценках значимости...», «перспективах использования...» и других часто упоминаемых моментах, так как именно происходящее усложнение условий проведения (государственной) экспертизы и исследуемых ею объектов является первоосновой роста разного рода неопределённости, с которой приходится бороться экспертными методами, предполагающими уход от общих рассуждений к конкретным рекомендациям. Экспертиза должна не только выступать в качестве инструмента поддержки и улучшения принимаемых решений, но и в значительной степени способствовать их понятности и объяснимости.

С точки зрения СОСТАВА (т. е. перечисления составных частей) СИСТЕМА должна представлять собой объединение отраслевых (специализированных, профильных, предметных) систем ГОЭ, функционирование которых связано со спецификой тех отраслей экономики и направлений деятельности государства и общества, которые нуждаются в экспертных исследованиях и оценках (например, «региональное развитие», «образование и наука», «промышленность и торговля», «экологическая безопасность» и др.). Отраслевые системы оказываются подсистемами всей СИСТЕМЫ, построенными по единым организационным принципам, использующими присущие им технологические приёмы проведения экспертиз, взаимодействующими с профессиональными экспертными сообществами, ориентированными на унифицированные формы представления результатов, базирующимися на применении автоматизированных систем поддержки экспертного процесса и управления им. В свою очередь каждая отраслевая система (далее – подсистема первого уровня или просто ПОДСИСТЕМА-1) подразделяется на собственные подсистемы («рабочие» или «обеспечивающие»), к числу которых могут относиться блоки взаимодействия с экспертами, анализа и обработки получаемых данных, технического сопровождения проводимых работ и т. д. (далее – ПОДСИСТЕМЫ-2,3,...).

С точки зрения СТРУКТУРЫ рассматриваемая СИСТЕМА характеризуется множественностью и разветвлённостью информационных, функциональных, административных связей между составляющими её подсистемами, что отражено в схеме, показанной на рис. 1. В какой-то мере прообразом этой схемы могут служить начальные варианты проекта Государственной системы учёта результатов интеллектуальной деятельности (РИД) и результатов научно-технической деятельности (РНТД), не получившего пока окончательного завершения, но позволившего заметно продвинуться в разработках средств автоматизации решения организационных задач. Вопрос о степени централизации управления происходящими в СИСТЕМЕ процессами при её распределённой структуре и зачастую противоречивых (ведомственных) интересах отдельных ПОДСИСТЕМ-1 нужно изучать сначала с административных, а затем уже с технических позиций. Следует признать полезным иметь в составе СИСТЕМЫ координационно-аналитический центр (или другое «связующее звено») для сбора, объединения, сопоставления информации о состояниях ПОДСИСТЕМ-1 и получаемых ими результатах, а также её представления в обобщённом виде по запросам государственного органа, курирующего деятельность СИСТЕМЫ.

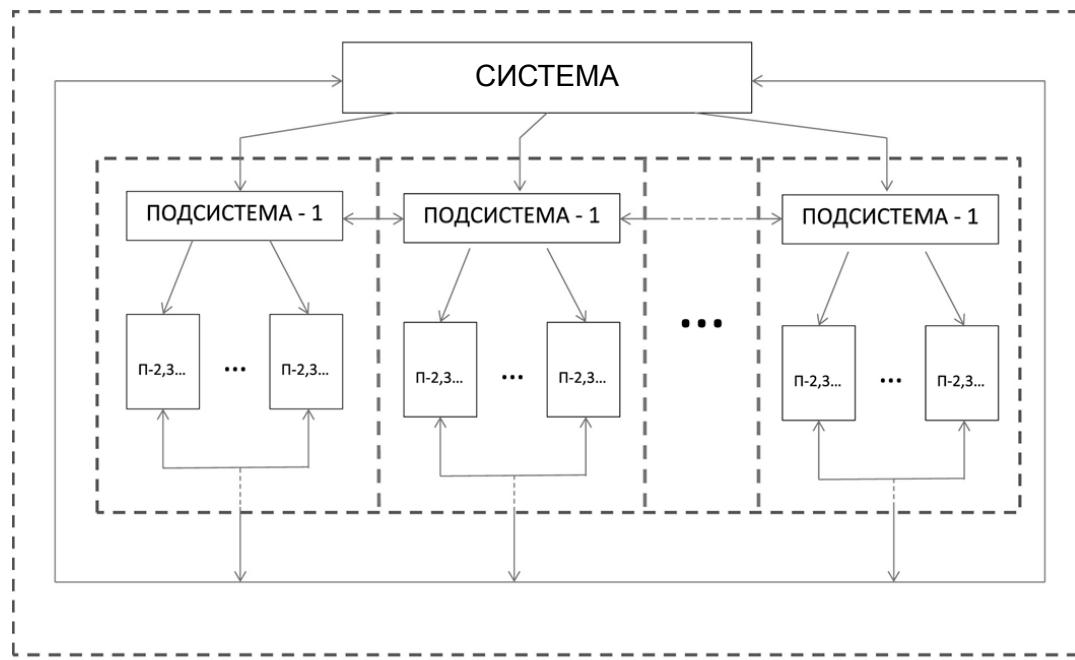


Рис. 1. Структурная схема СИСТЕМЫ

Теоретически каждая экспертная система, в том числе и обсуждаемая здесь, призвана решать так называемые ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ, формулируемые в виде требования ответить на вопрос: обладает ли данный экспертизуемый объект (ЭО) свойствами (особенностями, характерными признаками) C_1, C_2, \dots, C_n и в какой мере? Содержательные интерпретации этого вопроса и его составляющих ЭО, C_1, C_2, \dots, C_n , связанные с реальными ситуациями и наполненные практическим смыслом, дают возможность составить перечни конкретизированных задач экспертизы подобных тем, которые встречаются в различных документах, публикациях, проектных разработках. Чаще всего там присутствуют словосочетания «получение объективных оценок...», «анализ эффективности использования потенциала...», «прогнозирование последствий реализации...», «подготовка обоснованных заключений» и т.п. Всё это может быть отнесено и к СИСТЕМЕ, и к ПОДСИСТЕМАМ-1, однако гораздо важнее обратить внимание на две принципиальные ЗАДАЧИ, стоящие перед ними:

получить для данного ЭО корректное, обоснованное и наиболее полное описание его свойств C_1, C_2, \dots, C_n , представляющих интерес для проводимого экспертного исследования (предметная задача);

гарантировать и обеспечить намеченный ход экспертного процесса на всех его этапах в соответствии с существующими (разработанными, принятыми) регламентами, положениями, зако-

нодательными актами (организационная задача).

Именно отсюда должны следовать конкретика и уточнения, позволяющие раскрыть суть поставленных ЗАДАЧ и отразить в них характерные черты направлений (сфер) деятельности, охватываемых отдельными ПОДСИСТЕМАМИ-1. В итоге (после объединения и упорядочения таких «частных» перечней) будут определены задачи СИСТЕМЫ в целом, что облегчит и организационную работу, связанную, например, с координацией планируемых действий, контролем состояний ПОДСИСТЕМ, разрешением спорных (конфликтных) моментов. К тому же, на сегодня весьма актуальным становится устранение противоречий между требованиями совершенствовать («осовременивать») многие стороны жизнедеятельности и наблюдаемыми реалиями борьбы за ресурсы, но главным всегда остается получение осязаемых результатов и усиление ответственности за них, чему должна во многом способствовать СИСТЕМА.

Обозначенные контуры задач ГОЭ, а также достаточно подробные сведения о сопровождающих её процессах (см. ниже) позволяют говорить о ФУНКЦИЯХ СИСТЕМЫ как исполнительных механизмах достижения поставленной перед ней главной цели. При этом нужно различать административные, производственные, контрольные и даже вспомогательные функции, выполняемые разными звеньями сложной системы, отображённой на рис. 1. Значительную их часть легко представить, исходя из имеющегося опыта экспер-

ной работы, какая-то часть определяется концептуально и связывается с дополнительно появляющимися задачами СИСТЕМЫ, поэтому подробный анализ функций станет возможным лишь позднее, при проведении конкретных разработок.

ОБЪЕКТЫ (многоотраслевой) экспертизы не только определяют её «лицо» во многих отношениях, но и служат основой формирования каждой отдельно взятой ПОДСИСТЕМЫ-1 (т. е. основой структурирования СИСТЕМЫ) применительно к текущим и прогнозируемым запросам (вызовам, обстоятельствам), отражаемым в проводимой государством политике. В качестве примеров можно назвать и материальные, и нематериальные объекты — инфраструктурные решения, производственные комплексы, разного рода проекты, фундаментальные научные результаты, технологические платформы и многое другое. Группируемые по характерным признакам, они становятся продуктом развития отраслей экономики (машиностроение, транспорт, энергетика), направлений профессиональной деятельности (образование, наука, законотворчество), общественных движений (экология, культурные традиции и др.). При всех явных различиях здесь существует главный объединяющий фактор: подвергаясь (если необходимо) экспертному оцениванию, эти объекты должны рассматриваться как сложные системы, трудно поддающиеся описанию «в деталях» и потому исследуемые специально в рамках задач, обсуждавшихся выше. Это открывает перспективы унификации подходов к экспертизе в, казалось бы, несопоставимых условиях с последующим созданием средств её поддержки на единой функциональной основе, но с сохранением своеобразия каждого ЭО, что находит своё отражение в ПРЕДМЕТЕ конкретного экспертного исследования (т. е. в том, что нужно обнаружить и изучить в данном ЭО). В итоге возникают системные эффекты, приводящие сначала к построению ПОДСИСТЕМ-1, а затем и всей СИСТЕМЫ.

Что касается СУБЪЕКТОВ — участников экспертного процесса, то есть все основания сохранить вполне понятную и оправдавшую себя на практике схему взаимодействия заказчика экспертизы, её организатора и экспертов — непосредственных исполнителей оценочной работы. Заказчиком, как правило, является юридическое лицо (например, орган исполнительной власти федерального уровня), заинтересованное в независимом экспертном оценивании определённого объекта ЭО и располагающее необходимым административным, финансовым, информационным ресурсом. В роли организатора выступает другое юридическое лицо, выполняющее органи-

зационно-технические и аналитические функции по поручению заказчика. Коллектив экспертов представляют специалисты в соответствующей области знания, приглашаемые для изучения материалов, относящихся к ЭО, их обобщения и подготовки заключений о возможной дальнейшей судьбе ЭО.

Все вместе указанные субъекты обязаны обеспечить соблюдение общих ПРИНЦИПОВ государственной экспертизы, к числу которых относятся как уже встречавшиеся (сформулированные) в разных источниках (публикациях, документах, законодательных инициативах, относящихся к сфере науки), так и отражающие предлагаемую идею СИСТЕМЫ. В качестве необходимых должны быть приняты следующие принципы:

статусности экспертизы («государственная»), отражённый в её названии и устанавливающих её актах;

обязательности государственной экспертизы, предусматривающей необходимость её проведения при подготовке решений органами власти и другими структурами;

повторяемости ГОЭ в случаях возникновения спорных (конфликтных) ситуаций, нарушения требований нормативных документов, появления иных непредвиденных препятствий;

независимости и правовой защищённости участников экспертного процесса при выполнении ими своих функций;

единства нормативно-методической и организационной базы экспертной деятельности как системообразующий фактор, способствующий сопоставимости и объяснимости оценок и заключений, получаемых от разных источников;

объективности, научной обоснованности, доказательности выводов экспертизы, приравнивающий её к разновидности научного исследования, проводимого в определённой обстановке;

кадровой обеспеченности экспертной работы, требующий внимательного профессионального отбора претендентов на её выполнение и взаимодействия с ними в рамках устанавливаемых служебных, договорных и иных отношений;

«прозрачности» экспертного процесса на всех его этапах при соблюдении условий и ограничений, устанавливаемых законодательством Российской Федерации;

введения необходимых норм безопасности при изучении, испытаниях, эксплуатации объектов, прошедших ГОЭ;

информационного и иного взаимодействия ПОДСИСТЕМ-1 в ходе выполнения ими совместных или родственных экспертных заданий, а также других предметных и организационных задач;

унификации правил, способов, средств отображения и представления результатов экспертизы

её заказчикам и другим заинтересованным лицам согласно действующим (утверждённым) нормативным документам;

экономической эффективности экспертизы, позволяющий достичь приемлемого соотношения затрат на её организацию и проведение с получаемой экономией (бюджетных) средств при отрицательных выводах относительно ЭО и отклонении предложений о дальнейшей работе над ним;

использования современных информационных технологий и средств автоматизации процессов взаимодействия участников организационных и экспертных работ как основа эффективного функционирования СИСТЕМЫ.

Несмотря на декларативный характер названных принципов, их принятие помогает выстраивать МЕТОДОЛОГИЮ экспертизы, которая всегда привлекала внимание исследователей, даже если была абстрагирована от какой-либо практики. Не вдаваясь в подробности, можно назвать многочисленные теоретические исследования того, как сформировать группу экспертов, в каком виде получить от них информацию, как её обработать с минимальными потерями, как доходчиво представить заинтересованным лицам (заказчикам) итоги проведённой работы. Несмотря на всю полезность таких исследований, их выводы и рекомендации в большинстве случаев плохо осваиваются управленческими структурами разных уровней и часто заменяются соображениями общего характера, основанными на существующих мнениях, взглядах, аналогиях. Сильное влияние оказывают и объективные факторы – экономия денежных средств (серёзная экспертиза стоит дорого), ограниченность времени (всё нужно сделать быстро), расхождения теории и практики (усложнённые выкладки вызывают недоверие) и т. д.

В этих условиях начинают проявляться тенденции к упрощению и ускорению экспертных процедур, переходу к обобщённым (балльным, рейтинговым) оценкам экспертируемых объектов, использованию элементарных приёмов их сравнения с последующим определением предпочтений, отдаваемых каким-то из них. В значительной мере это продиктовано заметным ростом сложности и многоплановости возникающих ситуаций, сопровождаемым увеличением объёмов экспертной работы, так что методологические вопросы всегда будут актуальны. В общем виде они находят своё отражение и объяснение в перечне основных этапов экспертного процесса, реализация которых возлагается на СИСТЕМУ и её ПОДСИСТЕМЫ-1 независимо от содержания решаемых предметных задач. Такими этапами должны стать:

выбор ЭО и представляющей его информации заказчиком экспертизы (описание ЭО, заявленные характеристики, заложенный потенциал и т. п.); этим определяются направления дальнейшей работы и информационные рамки, в которых она будет проводиться;

разработка организатором экспертизы анкеты эксперта с перечнем вопросов и вариантов ответа на них применительно к ЭО, а также инструкций по заполнению анкеты и оформлению результатов оценивания ЭО;

согласование разработанных форм анкеты и инструкций с заказчиком экспертизы и их утверждение в качестве официальных документов;

формирование организатором экспертизы группы (коллектива) экспертов для оценки ЭО в соответствии с утверждёнными документами и обсуждение её состава с заказчиком;

получение согласия экспертов на выполнение работы по оценке ЭО и заключение договоров с ними от имени организатора экспертизы;

выдача организатором экспертизы заданий экспертам согласно заключённым договорам и всех сопутствующих материалов (анкет, инструкций, исходной информации об ЭО);

подготовка экспертами ответов на вопросы анкеты путём выбора альтернативных вариантов (из содержащихся в анкете), выставление оценок с краткими комментариями к своим решениям;

оформление экспертами подготовленных решений относительно ЭО в форме, установленной инструкцией (с приложением краткого комментария), передача (в электронном виде) этой информации организатору экспертизы и завершение договорных отношений с ним;

анализ организатором экспертизы результатов, полученных экспертами, и подготовка на их основе исходных данных для окончательной машинной обработки;

машинная обработка данных экспертизы и отображение итогового результата в удобной для восприятия (желательно графической) форме; анализ организатором экспертизы указанного результата, подготовка аналитической записи для заказчика с приложением всех полученных материалов и их окончательное документальное оформление;

создание архивной копии оформленного пакета документов и официальная передача его заказчику экспертизы.

Приведённое выше описание предполагаемых условий функционирования ПОДСИСТЕМ-1 и СИСТЕМЫ в целом, а также действий субъектов экспертизы, всё-таки оставляет открытыми некоторые проблемные моменты, оказывающие сильное влияние на результативность планируемых работ. В первую очередь это относится к кадро-

вому резерву квалифицированных экспертов, которые должны были бы участвовать в организуемом процессе, но оказываются в стороне от него по разным причинам (близкие контакты с создателями экспертируемых ЭО, большая занятость, возрастной фактор и многое другое). Положительную роль здесь мог бы сыграть потенциал экспертных сообществ (коллективов), создаваемых специально или сложившихся исторически. Первые, как правило, известны (постоянно действующие экспертные советы при органах государственного управления, группы экспертов-аналитиков в крупных исследовательских учреждениях, авторитетные учёные и специалисты с высказываемыми мнениями в информационных изданиях и др.). Вторые обычно скрыты за общими названиями правительственные, научных, общественных структур, что никак не мешает занятиям экспертной работой без широкой её популяризации (сообщество экспертов в существующих академиях наук, советники и консультанты законодательной и исполнительной власти, сотрудники специализированных институтов и т. д.). Взаимодействие заказчиков и организаторов (государственной) экспертизы с указанными сообществами могло бы серьёзно ослабить трудности с подбором нужных кадров, однако для этого необходимо выработать новое содержание отношений с ними, при котором участие в ГОЭ стало бы заслугой привлечённых экспертов и повысило их авторитет.

Другой важный момент, требующий серьёзного внимания, — необходимость (целесообразность) разделения экспертного процесса на «быструю» и «медленную» составляющие. Сегодня большинство объектов ЭО, даже очень сложных (например, заявки на создание технологических платформ в долгосрочной перспективе), проходят экспресс-оценку по балльной шкале, что приводит в итоге (учитывая высокий уровень неопределённости) к поверхностным суждениям о них и плохо объяснимым сравнительным рекомендациям. Это признаётся допустимым и даже полезным в качестве какого-то предварительного шага, позволяющего ориентироваться в не очень понятной обстановке и идти дальше в поиске более надёжных результатов. Вместе с тем, накоплен опыт (отечественный и зарубежный) внимательного изучения ЭО, представленных на экспертизу, применения обоснованных оценочных методов, подготовки развёрнутых заключений, дающих возможность принять ответственные (управленческие) решения. Здесь всё связано с затратами времени и денежных средств, других ресурсов (по обстоятельствам), и вопрос заключается в приемлемости такого подхода для СИСТЕМЫ. Ответ на него должен быть определённо

положительным, так как в противном случае возникнет ситуация, способствующая появлению быстрых и, скорее всего, простых решений, не имеющих перспектив развития, что является ещё одним свидетельством масштабности задач, стоящих перед СИСТЕМОЙ, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Ещё один проблемный момент возникает при расхождениях между выводами обязательной ГОЭ и какими-либо дополнительными соображениями, влияющими определённым образом на позиции её заказчика, принимающего соответствующие (управленческие) решения. Приемлемым выходом из подобных спорных ситуаций считается организация повторной экспертизы, которая должна (в идеале) устранить наметившиеся разногласия. В реальности всё обстоит несколько иначе из-за тех же кадровых трудностей, недопустимо больших задержек в получении конечно-го результата, опасности «оказаться в тупике» или нарушить ставшие повсеместными требования «прозрачности» действий и т. д. С этой точки зрения было бы вполне логичным и естественным усилить подготовительную работу в плане обеспечения наибольшей полноты исходной информации о самих ЭО, направлениях и глубине их исследования (упоминавшиеся C_1, C_2, \dots, C_n), желаемых прогнозных данных, что могло бы предупредить осложнения в дальнейшем. В конечном счёте, должны быть найдены более совершенные формы участия заказчика в начальной фазе экспертного процесса, восприятия предлагаемых ему выводов (рекомендаций) и отражения всего этого в нормативных документах.

Попытки построить полноценную СИСТЕМУ на основе обсуждаемой концепции будут неизбежно наталкиваться на возражения, связанные с недопустимостью «монополизма» в экспертной деятельности и, как следствие, с возможным существованием альтернативных путей выбора более «мягких» аналогов подобной системы и даже полным её отрицанием. Очевидно, речь будет идти о расширении присутствия общественных организаций в крупномасштабных экспертных делах (иначе всё возвращается в исходную точку) или о передаче соответствующей части полномочий государства обществу.

Первый вариант допустим, если выполнены, как минимум, два условия: подтверждена квалификация потенциальных (рекомендуемых) участников предстоящей работы и гарантировано соблюдение правил их взаимодействия с другими субъектами экспертизы. Второй вариант выходит за рамки, установленные законом, и представляется нереальным (гипотетическим) до тех пор, пока не произойдут те или иные институциональные изменения. Таким образом, следует избегать

крайностей как в суждениях о монополизме, так и в стремлении к децентрализации с неустановленными границами там, где присутствие государства необходимо. Наглядным примером (и в какой-то мере упрощенной моделью СИСТЕМЫ) является государственная система аттестации научных кадров с центральным звеном – Высшей аттестационной комиссией (ВАК), в целом успешно действующая последние 75 лет. Попытки отказа от этой системы или «обобществления» её функций ни к чему хорошему (по общему признанию) не ведут, но сохраняется возможность споров, критики, «предложений по совершенствованию» приносит пользу всем заинтересованным сторонам.

Приведённые замечания дополняются (и в чём-то уточняются) сравнительной оценкой условий проведения государственной экспертизы и других экспертиз (вне СИСТЕМЫ), объединяемых для краткости общим условным названием «негосударственные» (табл. 1). В любом случае обязательным остаётся требование соблюдения действую-

щего законодательства Российской Федерации всеми участниками экспертного процесса.

Обращаясь теперь к вопросу о ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЕ СИСТЕМЫ, следует заметить, что она формируется как площадка для применения современных и различных по своему назначению информационных технологий, поскольку сама СИСТЕМА представляет собой, по сути, систему преобразований информации и организации информационных обменов. В силу их разнообразия, а иногда непредсказуемости, появляется необходимость периодических «настроек» системы, а также большинства её подсистем, что приводит к требованию универсализации приёмов работы на «верхнем» уровне (взаимодействие субъектов экспертизы, внешняя среда) с одновременной узкой (и даже редко встречающейся) специализацией на «нижних» уровнях (обработка экспертных данных, внутренняя среда). Следовательно, должны прорабатываться и развиваться разные технологические направления, обеспечивающие собст-

Таблица 1

Условия проведения экспертиз

Государственная экспертиза (ГОЭ)	Негосударственная экспертиза (НГЭ)
Основанием для проведения ГОЭ являются законодательные акты – федеральные и региональные законы, решения органов законодательной и исполнительной власти.	Основанием для проведения НГЭ являются решения различных организаций, соглашения о её необходимости, сложившаяся практика (например, международная).
Существуют (разрабатываются) базовые принципы ГОЭ как системообразующие факторы, позволяющие создать основу для построения (формирования) единой СИСТЕМЫ.	Принципы НГЭ скорее подразумеваются и в каждом отдельном случае понимаются по-своему экспертными советами, комиссиями, отдельными экспертами.
Обеспечивается методологическое единство правовых, организационных, технологических подходов к ГОЭ, закреплённых в официальных документах, подлежащих обязательному исполнению.	Подходы к НГЭ и формы её проведения слабо регламентированы и являются скорее отражением традиций и опыта, чем методически обоснованными правилами.
ГОЭ подлежат объекты, претендующие на административную и финансовую поддержку государства и включаемые в соответствующие программы и списки, утверждаемые на федеральном или региональном уровне.	Выбор объектов НГЭ носит внешне произвольный характер и определяется текущими потребностями в рамках решения корпоративных, общественных, научных задач (форумы, конференции, слушания).
В качестве субъектов ГОЭ выступают её заказчики, организаторы, специалисты-эксперты с чётко разграниченными задачами и функциями.	Функции, выполняемые субъектами НГЭ, обычно слабо разграничены, особенно в организационном плане, часто используются разные технологические приёмы.
Результаты ГОЭ оформляются в виде официальных заключений и комплектов документов, утверждаемых в установленном порядке, и находят отражение в решениях, принимаемых её заказчиками.	Результаты НГЭ обычно носят предупредительный характер и даже могут оказаться в чём-то спорными (противоречивыми) из-за слабой регламентации экспертных процедур.
Кадровое обеспечение ГОЭ так или иначе находится под контролем либо её заказчика, либо организатора, что должно способствовать повышению объективности экспертных оценок и ответственности экспертов.	Кадровое обеспечение НГЭ в значительной степени опирается на личный авторитет эксперта или крупной профильной организации (например, академии наук) без «лишних формальностей».

венно экспертные работы и требующие привлечения нужных для этого специалистов.

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА рассматриваемой СИСТЕМЫ строится в соответствии с применяемыми технологическими приёмаами решения стоящих перед СИСТЕМОЙ задач и представляет собой объединение технических средств, относящихся к подсистемам второго и последующих уровней, которые обозначены на рис. 1 как П-2,3,... . Здесь можно говорить о подсистеме взаимодействия с заказчиком экспертизы и управления многоэтапным процессом её проведения (I); подсистеме подбора экспертов, организации их работы, получения первичной экспертной информации (II); подсистеме подготовки исходных данных для машинной обработки собранной первичной информации (III); подсистеме автоматизированной обработки подготовленных данных, анализа и представления полученных результатов, их документального оформления (IV); подсистеме архивации документов, передаваемых заказчику (V). Связи между ними показывает схема, представленная на рис. 2. Она должна рассматриваться как типовая для всех ПОДСИСТЕМ-1 (куда входят обсуждаемые (I–V)) с возможными уточнениями и дополнениями, отражающими присущую им «отраслевую» специфику.

Вопросы ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ многоотраслевой государственной экспертизы довольно сложны, многоаспектны и могут стать предметом серьёзного обсуждения. Наилучшим вариантом следовало бы считать законодательную инициативу, которая привела бы к началу разработки и последующему принятию соответствующего Федерального закона подобно тому, как это сделала 10 лет назад Межпарламентская

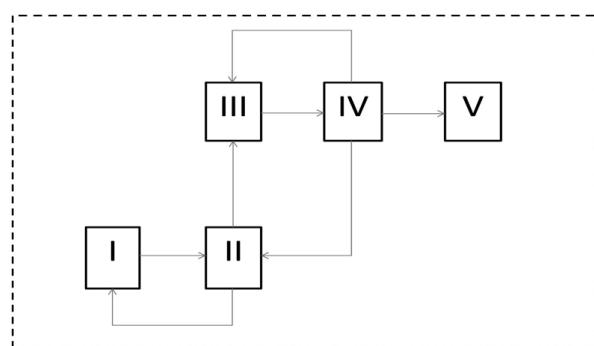


Рис. 2. Типовые подсистемы второго и третьего уровня

Ассамблея государств-участников СНГ, принявшая Модельный закон «О государственной экспертизе» (постановление № 20-7 от 07.12.02 г.), переданный затем в Государственную Думу Федерального собрания Российской Федерации. За прошедшее с тех пор время многое изменилось, но остался невостребованным тот законотворческий опыт десятилетней давности, который не утратил своей актуальности и сейчас, когда вновь обостряется проблема усиления многих направлений экспертной деятельности. Это подтверждается и приводимым здесь перечнем статей упомянутого Модельного закона (табл. 2), что может служить хорошим ориентиром для новых разработок, учитывающих реалии наступившего периода 10-х гг.

Скорее всего, нормативный документ такого высокого уровня может появиться лишь в отдалённой перспективе, поэтому имеет смысл добиваться принятия предлагаемой концепции (после обсуждений) как рабочего документа с последую-

Таблица 2

Статьи Модельного закона

1. Государственная экспертиза (ГОЭ). 2. Задачи и принципы ГОЭ. 3. Объект и предмет ГОЭ.
4. Субъекты ГОЭ. 5. Права и обязанности заказчика ГОЭ. 6. Права и обязанности исполнителя ГОЭ.
7. Основания для проведения ГОЭ. 8. Решение государственного органа о проведении ГОЭ.
9. Договор на проведение ГОЭ. 10. Обязательность ГОЭ. 11. Дополнительная, повторная ГОЭ.
12. Особенности проведения ГОЭ. 13. Полномочия председателя Государственной экспертной комиссии и руководителя (специализированной) экспертной организации.
14. Обеспечение объективности и полноты ГОЭ. 15. Присутствие третьих лиц при проведении ГОЭ.
16. Заключение ГОЭ. 17. Полномочия государственных органов по организации и проведению ГОЭ.
18. Специальная государственная экспертная организация.
19. Статус государственного эксперта. 20. Порядок государственной аттестации и аккредитации экспертов.
21. Финансовое, материально-техническое и иное обеспечение ГОЭ.
22. Международные отношения в области ГОЭ. 23. Виды нарушений законодательства о ГОЭ.
24. Ответственность за нарушения законодательства о ГОЭ.

щей подготовкой отраслевых Положений о ГОЭ, приказов Министерств (например, согласованного межведомственного приказа) и, наконец, правительенных постановлений, хотя главную роль играет всё-таки законодательная база.

Завершая краткий анализ концептуальных основ формирования СИСТЕМЫ, полезно ещё раз обратить внимание на экономическую сторону обсуждаемой комплексной проблемы. Конечно, масштабы СИСТЕМЫ предопределяют высокий уровень расходов на её создание и поддержание требуемой работоспособности, однако расчёты, проведённые некоторое время назад (при очередной попытке инициировать принятие федерального закона об экспертизе), показали, что при уровне финансирования научно-образовательной сферы (речь шла о ней) и ценах 2004–05 гг. каждый вложенный в экспертизу рубль позволил сэкономить 50 бюджетных рублей за счёт рационализации отбора проектов и программ. На сегодня этот «коэффициент эффективности» достиг бы величины 100 (и более) при расширяющихся возможностях финансовых вложений и предполагаемого поля экспертизной деятельности. К тому же, нет никаких препятствий для того, чтобы услуги СИСТЕМЫ могли пользоваться и крупные негосударственные структуры в стремлении объективно оценить характер и глубину стоящих перед ними задач. Понимание всех этих проблем становится необходимым условием развития страны.

Библиографические ссылки

1. **Белоусов В.Л.** Принципы организации экспертных систем // Механизация и автоматизация производства. 1996. № 6. С. 33–34.
2. **Белоусов В.Л.** Концепция создания системы региональной государственной экспертизы в сфере научно-технической и инновационной деятельности // Автоматизация и современные технологии. 1996. № 7. С. 41–44.
3. **Белоусов В.Л.** Проект федерального закона «О научной и научно-технической экспертизе // Автоматизация и современные технологии. 1998. № 2. С. 2–10.
4. **Белоусов В.Л., Дегтярёв Ю.И.** Об опыте и направлениях развития системы государственной научно-технической экспертизы // Сборник ВНИТИ. 2002. № 11. С. 11–16.
5. **Морозова И.А., Сергеев М.В.** Процесс проведения научно-технической экспертизы и возможность применения сетевых информационных технологий // Сб. ВНИТИ «Аналитика–Капитал». Серия «Антологические исследования системных проектов». Т. VII. Ч. 1. С. 81–84.
6. **Белоусов В.Л.** Экспертиза в научной сфере – фактор экономического развития // Наука Москвы и регионов. 2004. № 2. С. 18–21.
7. **О модельном** законе «О государственной экспертизе» / А.А. Александров, В.Л. Белоусов, В.И. Волков, Ю.И. Дегтярёв, Е.А. Наумов, А.И. Яковлев // Автоматизация и современные технологии. 2004. № 3. С. 35–43.
8. **Белоусов В.Л., Дегтярёв Ю.И.** 15 лет государственной экспертизы в сфере науки // Интеграл. 2006. № 3. С. 17–18.
9. **Белоусов В.Л., Дегтярёв Ю.И., Евстафьев В.Ф.** Государственный учёт результатов научно-технической деятельности // Инноватика и экспертиза. 2007. Вып. 1. С. 171–176.
10. **Сергеев М.В., Федоров С.Н.** Методика ранжирования региональных инновационных систем // Инноватика и экспертиза. 2007. Вып. 1. С. 95–98.
11. **Дегтярёв Ю.И.** Содержание и организационно-технические проблемы реализации Федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010 гг. // Промышленная политика в Российской Федерации. 2008. № 10. С. 24–30.
12. **Дегтярёв Ю.И., Сергеев М.В.** Создание экспертизно-аналитической и информационной среды для практического мониторинга инновационных структур // Сб. ВНИТИ «Организация и методика информационной работы». 2009. № 6. С. 23–25.
13. **Андреев Г.Г., Сергеев М.В.** Совершенствование взаимодействия субъектов инновационного развития (науки, образования, бизнеса и государства) на основе единого информационного пространства // Инноватика и экспертиза. 2009. Вып. 1(3). С. 7–15.
14. **Белоусов В.Л.** Перспективы и пути развития государственной экспертизы в сфере науки // Инноватика и экспертиза. 2011. Вып. 1(6). С. 40–49.
15. **Андреев Ю.Н., Сергеев М.В.** О развитии инновационной инфраструктуры высшей школы за период 2010–2011 гг. // Инноватика и экспертиза. 2011. Вып. 2(7). С. 3–11.
16. **Баранова В.П., Белоусов В.Л.** Механизмы государственного регулирования научной сферы // Инновации. 2012. № 3 (161). С. 56–60.
17. **Дегтярёв Ю.И.** Обобщённый алгоритм много-параметрического экспертного оценивания технологических платформ и других сложных объектов // Автоматизация и современные технологии. 2012. № 10. С. 19–30.

Вниманию авторов!

Требования к оформлению статей, присыпаемых для публикации,
можно найти на сайте www.mashin.ru

УДК 004.942 + 519.6

С.В. Поршнев, д-р. техн. наук, Д.А. Якоб

(Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург)

dmitry.yakob@gmail.com

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ КОНТРОЛЬНО-ПРОПУСКНОЙ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТА ПРОВЕДЕНИЯ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Представлена формализованная математическая модель, описывающая процесс прохождения потоков посетителей на объект проведения массовых мероприятий с помощью автоматизированной контрольно-пропускной системы, в которой учтены особенности структуры системы, требования к ней и механизмы, обеспечивающие её работу. Модель описана в терминах систем массового обслуживания, разработан алгоритм построения модели входящего потока посетителей. Проведён анализ основных аспектов, связанных с созданием программной реализации модели.

Ключевые слова: моделирование, системный анализ, контрольно-пропускная система, теория массового обслуживания.

The paper presents a formalized mathematical model describing the streams visitors passage process to the public actions object by means of the automatic control-throughput system, which takes into account structural system features, the suitable requirements and the mechanisms providing its operation. The model is described in mass service system terms. Model construction algorithm for incoming visitors stream is developed. The main aspects analysis associated with the creation of a model program realization were carried out.

Key words: modelling, system analysis, control-throughput system, mass service theory.

Введение. Задача управления потоками людей, принимающих участие в массовых мероприятиях, для решения которой необходима информация о каждом конкретном участнике с момента его входа на соответствующий объект проведения массового мероприятия до момента выхода за территорию объекта, является актуальной в связи с ужесточением правил и регламентов безопасности. В настоящее время решение данной задачи возлагается на информационные контрольно-пропускные системы (ИКПС), основными функциями которых являются [1]:

организация потоков людей на входах, выходах и внутри объекта;

управление различиями доступа участников мероприятия;

сопровождение и контроль процесса прохода участников мероприятия;

мониторинг текущего состояния системы, получение актуальных и достоверных показателей её работы в режиме реального времени;

накопление и анализ статистики для принятия организационных и управлений решений.

Внедрение ИКПС – это сложная комплексная задача, решение которой включает ряд этапов, из которых наиболее важным оказывается этап проектирования. Это объясняется тем, что выработанные на данном этапе решения, имеющие как практический, так и теоретический характер, яв-

ляются базисом всех дальнейших действий системного интегратора. Отметим, что переход от «теории» к «практике» всегда сложен и неразрывно связан с потенциальными рисками, необходимым условием снижения которых необходимо отметить высокую квалификацию и ответственность проектировщика за итоговый результат внедрения и эксплуатацию системы.

Данное требование относится и к системам, которые должны обеспечивать безопасность объекта, участников массовых мероприятий, обслуживающего персонала и технических средств. Поэтому к данным системам предъявляются самые высокие требования как в части их отказоустойчивости и бесперебойности работы, так и эксплуатационных показателей. При этом организация «натурных» экспериментов для исследования различных сценариев поведения участников массовых мероприятий и последствий принимаемых управлений решений ответственными лицами невозможна, так как требуется большое количество организационных, человеческих, временных и финансовых ресурсов. Таким образом, при крайне высоком уровне ответственности проектировщика верификация расчётов данных и принятых решений оказывается весьма затруднительной.

Анализ современного опыта проектирования различных информационно-управляющих систем

показывает, что эффективным является подход, основанный на использовании информационных и математических моделей [2–4], и который целесообразно использовать при проектировании ИКПС объектов проведения массовых мероприятий. Так, например, наличие имитационной модели (ИМ) и обоснование с её помощью выбранного варианта решения в западных странах являются обязательной составляющей в комплекте документов, подаваемых на рассмотрение для проектирования или модернизации нового производства или технологического процесса [5].

В ходе исследований [6,7] проведён системный анализ задачи разработки ИКПС, который позволил выявить её основные функции, структурные элементы и описать протекающие в ней процессы и информационные потоки с помощью иерархических диаграмм, построенных на основе семейства методологий *IDEF*. Ниже рассматриваются результаты, полученные в ходе исследований, проводимых в соответствие с ранее выбранным подходом: обоснование основных принципов и правил функционирования ИКПС объектов проведения массовых мероприятий, формализованная модель ИМ ИКПС, представляющая собой одну из модификаций системы массового обслуживания (СМО), и технология реализации данной модели.

Общие требования к объектам проведения массовых мероприятий. Для получения наиболее понятной и точной формализации постановки задачи следует зафиксировать основные принципы, допущения и ограничения функционирования ИКПС, принимаемые в ходе исследований:

на территории объекта существует ограниченное количество входов, которые можно поделить на некоторые группы, например, исходя из их особенностей территориального размещения;

доступ на территорию объекта проведения массовых мероприятий осуществляется только через разрешённые входы;

разрешение или запрет на вход посетителя должно осуществляться автоматизировано, на основе проверки информации, указанной на входных билетах посетителей (штрих-кодов). Множество билетов, по которым можно посетить мероприятие, ограничено, их максимальное количество заранее известно и равно вместимости объекта;

каждый из входов должен быть оснащён считающим устройством (сканером штрих-кода), а также устройством, ограничивающим проход (турникетом);

поведение на объекте участников массовых мероприятий регламентируется правилами посещения объекта, которые определяют порядок прохода на объект.

Далее для определённости будем считать, что по одному билету может пройти только один посетитель, все посетители имеют одинаковый приоритет при формировании очередей (*FIFO* – «*first in – first out*»).

Математическая модель ИКПС объекта проведения массовых мероприятий. Модель работы рассматриваемой ИКПС представим в виде кортежа:

$$ACS = \{TICKETS, IN_FLOW, QUEUES, C, GATES, T, GATE_GROUPS, OUT_FLOW, OFF_FLOW\},$$

где: $TICKETS = \{TICKET_i, i = \overline{1, AMOUNT}\}$ – множество входных билетов, ограничивающееся сверху, в зависимости от вместимости объекта: $AMOUNT \leq CAPACITY$; каждый билет имеет уникальный идентификатор (штрих-код) и приоритет в очереди (в данном случае, по указанным выше требованиям, все приоритеты равны): $\forall i \in [1, AMOUNT]: TICKET_i = \{ID_p, PRIORITY_p\}$; $IN_FLOW = [IN_FLOW(TICKET_p)]$ – входной поток посетителей, время прибытия i -го посетителя; $QUEUES = \{QUEUE_k, k = \overline{1, N}\}$ – множество очередей на входах, их количество N соответствует количеству входов. Каждая очередь может иметь отличную от других ёмкость (в нашем случае целесообразно принять её бесконечно большой для каждой из очередей); $C = \{C(QUEUE_k)\}$; $GATES = \{GATE_k, k = \overline{1, N}\}$ – множество входов (турникетов), каждый из которых характеризуется некоторым известным средним временем прохода одного посетителя: $T = \{T(GATE_k)\}$; $GATE_GROUPS = \{GG_j, j = \overline{1, M}\}$ – подмножество входных групп, являющихся разбиением множества входов: $\forall j = \overline{1, M} : GG_j \in GATES$; $\forall i, j = \overline{1, M} : GG_j \cap GG_i = \emptyset; GG_1 \cup GG_2 \cup \dots \cup GG_M = GATES$; $OUT_FLOW = \{OUT_FLOW(TICKET_p)\}$ – поток вошедших посетителей, время прохода i -го посетителя (билета); $OFF_FLOW = IN_FLOW \setminus OUT_FLOW$ – поток не вошедших посетителей, представляющий собой множество билетов, в проходе которых по тем или иным причинам было отказано (некорректный/фальшивый билет, повторный приход, и т. д.).

Таким образом, разработанная структурная модель (рис. 1) охватывает все структурные элементы ИКПС и показывает их взаимосвязь в соответствии с полученными результатами системного анализа проблемы [7]. При этом следует отметить, что при необходимости, можно рассмотреть и задачу выхода потоков людей с объекта с точностью до перестановки входящих и вошедших потоков посетителей, аналогично рассмотренной выше задаче входа. Рассматриваемую задачу можно декомпозировать на аналогичные (возможно, независимые) подзадачи, решаемые отдельно для каждой из входных групп. Таким образом, разработанная модель обладает достаточной гибкостью и универсальностью. Параметры модели ИКПС

целесообразно идентифицировать, проведя исследования на основе анализа экспериментальной информации, полученной в ходе проведения различных массовых мероприятий (например футбольных матчей).

Имитационная модель ИКПС. После разработки структурной модели ИКПС необходимо выбрать математический аппарат, позволяющий создать математическую модель исследования характеристик работы системы. С нашей точки зрения, подтверждаемой описанной выше структурной схемой, можно рассматривать ИКПС как некий вариант СМО, для исследования которой традиционно используют технологии имитационного моделирования [8, 9]. ИМ позволяет описать общие закономерности процесса функционирования ИКПС, используя математический аппарат СМО и программную реализацию ИМ, а также получить статистические оценки характеристики исследуемой системы.

Рассмотрим поток посетителей, имеющих на руках билеты, процедуру проверки которых в терминах СМО можно классифицировать как заявку; наличие накопителей с известной ёмкостью, в которых посетители массового мероприятия в течение некоторого времени ожидают своей очереди проверки билета. Турникеты являются обслуживающими устройствами (ОУ) с некоторым известным средним временем обслуживания одной заявки. Следует отметить отличие рассматриваемой задачи от классической задачи СМО [10], так как не все входящие заявки обязательно могут быть обработаны, т. е. не каждый посетитель, стоящий в очереди, в силу той или иной причины (например при попытке повторного прохода по

одному и тому же билету, и т. д.) будет пропущен на мероприятие. Данное обстоятельство ещё раз подтверждает важность предварительного анализа проблемы и построения её математической модели.

В ходе проведённых исследований [6] отмечена важность не только простого накопления и отображения статистических данных, но и их анализа для последующего использования при оценке качества обслуживания посетителей уже существующих ИКПС, а также построения адекватных объекту исследования ИМ. Необходимо отметить, что автоматизировать учёт людей, прибывающих к объекту проведения массовых мероприятий или его окрестностям (в терминах СМО – поток заявок в систему, на рис. 1 – поток *IN_FLOW*), средствами существующих ИКПС принципиально невозможно. Действительно, из накопленных на сегодня статистических данных можно получить только информацию о вошедших или не вошедших посетителях (в терминах СМО – обработанные потоки заявок, на рис. 1 – потоки *OFF_FLOW* и *OUT_FLOW*). В этой ситуации для построения математической модели ИКПС необходимо решить задачу обратную задаче СМО: по известным потокам *OFF_FLOW* и *OUT_FLOW* определить входной поток заявок *IN_FLOW* (рис. 2).

Для вычисления потока *IN_FLOW* рассмотрим поток посетителей, поступающих на пропускной терминал. Скорость его работы можно охарактеризовать временным интервалом $t_{об}$, в течение которого пропускной терминал анализирует билет, принимает решение о его достоверности/недостоверности и по результатам принятого решения посетитель либо проходит на объект, либо

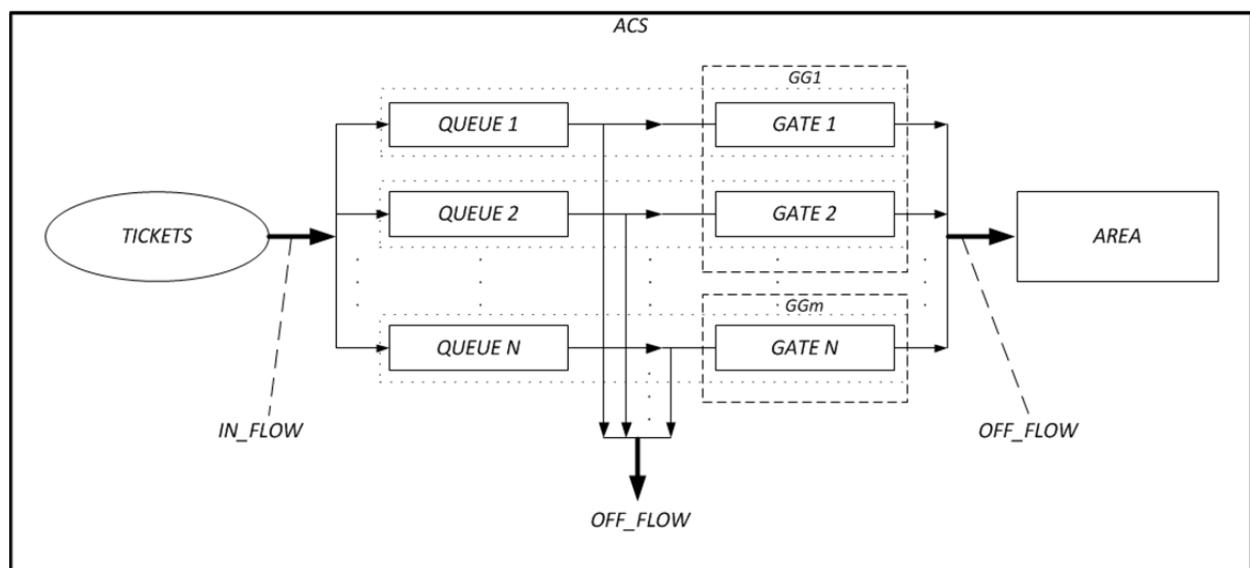


Рис. 1. Структурная схема математической модели информационной контрольно-пропускной системы

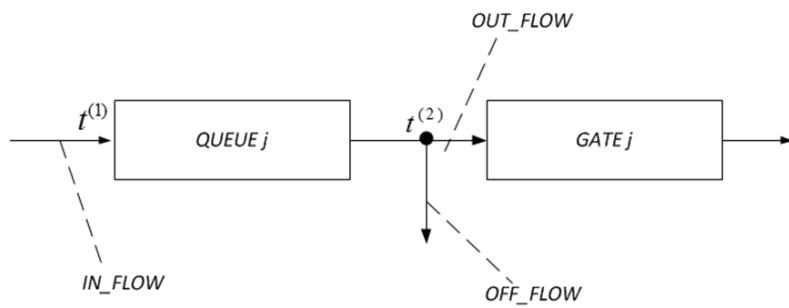


Рис. 2. Основные точки продвижения заявок в системе

исключается из общей очереди (удаление заявки из очереди).

Рассмотрим процесс поступления и продвижения заявок в системе. Для этого возьмём произвольное ОУ (турникет) и соответствующую ему очередь (см. рис. 2). Для каждой очереди из накапливаемой статистики известны моменты времени, в которые каждый из посетителей прикладывал билет к сканеру турникету, т. е. моменты времени, соответствующие выходу соответствующей заявки из очереди:

$$t^{(2)} = \{t^{(2)}(i), i = \overline{1, M}\},$$

где M – количество заявок, прошедших через ОУ.

В реальной системе данные временные отметки фактически соответствуют моменту времени, в который посетитель подошёл к турникету и приложил билет к сканеру для считывания штрихкода. После этого, если билет действителен, i -й посетитель либо проходит (i -я заявка поступает в ОУ), либо проход для него запрещается. Эти два потока, соответственно, составляют модельные потоки OUT_FLOW и OFF_FLOW .

Однако вектор $t^{(1)} = \{t^{(1)}(i), i = \overline{1, M}\}$, содержащий значения моментов времени, в которые соответствующая заявка поступила в систему (при соединение очередного посетителя к очереди ожидающих прохода), неизвестен. Этот вектор есть искомый поток IN_FLOW , модель которого и требуется построить.

Для этого можно использовать подход, аналогичный методу математической индукции. Рассмотрим продвижение двух первых заявок (рис. 3). Обозначим время выхода первого посетителя из очереди $t^{(2)}(1)$. Так как эта заявка в потоке оказывается первой, то до неё в ОУ не поступало других заявок, а потому очередь была пуста. Следовательно, время поступления заявки в систему совпадает с временем её поступления в соответствующее ОУ:

$$t^{(1)}(1) = t^{(2)}(1).$$

Данная величина является базой индукции.

Далее для построения индукционного перехода рассмотрим вторую заявку. Если разница между $t^{(2)}(1)$ и $t^{(2)}(2)$ больше, чем время обслуживания в ОУ ($t_{об}$):

$$t^{(2)}(2) - t^{(2)}(1) > t_{об},$$

то

$$t^{(1)}(2) = t^{(2)}(2),$$

так как заявка 2 не ожидала в очереди окончания обработки заявки 1 (см. рис. 3, а).

Если

$$t^{(2)}(2) - t^{(2)}(1) \leq t_{об},$$

то заявка 2 поступила в систему после заявки 1, но до того момента, когда заявка 1 была обработана, следовательно, заявка 2 ожидала в очереди (см. рис. 3, б). Тогда время прибытия заявки 2 находится в интервале $[t^{(1)}(1), t^{(2)}(2)]$. Поэтому для построения модели можно использовать случайную величину, например, с равномерным законом распределения, область значений которой совпадает с рассматриваемым интервалом:

$$t^{(1)}(2) = rand(t^{(1)}(1); t^{(2)}(2)).$$

Аналогично для i -й по счёту заявки, поступающей в очередь, имеем

$$t^{(1)}(i) = \begin{cases} t^{(2)}(i), \\ \text{при } t^{(2)}(i) - t^{(2)}(i-1) > t_{об} \\ rand(t^{(1)}(i-1); t^{(2)}(i)], \\ \text{при } t^{(2)}(i) - t^{(2)}(i-1) \leq t_{об} \end{cases}, i = \overline{2, M}.$$

Таким образом, получим простой итерационный алгоритм нахождения потока поступления заявок в очередь, который представлен на (рис. 4), с линейной сложностью $o(n)$.

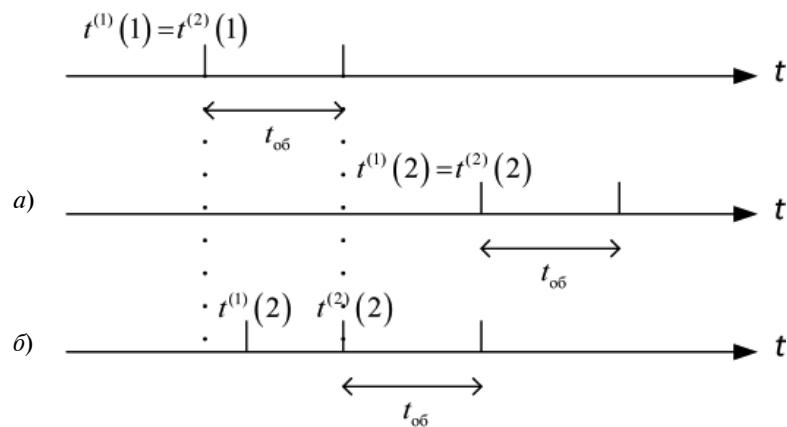


Рис. 3. Временная диаграмма продвижения первых двух заявок:
 а – без ожидания заявки 2 в очереди; б – с ожиданием заявки 2 в очереди

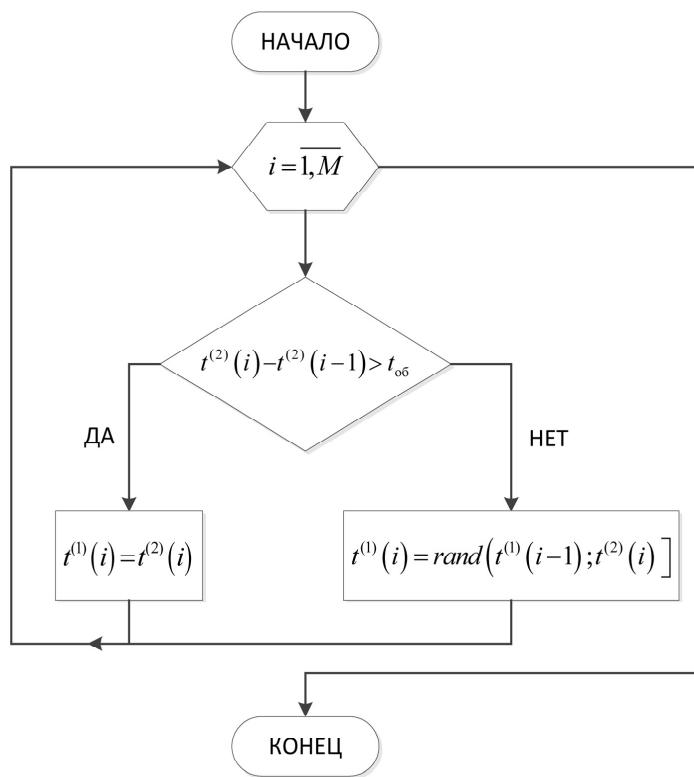


Рис. 4. Алгоритм нахождения входного потока заявок в системе

Из приведённого выше описания видно, что в данном алгоритме важно правильно задать величину $t_{\text{об}}$ (среднее время обслуживания заявки в ОУ). Данная величина может быть взята из технических характеристик соответствующего турникета (среднее время прохода), а при анализе реально существующей ИКПС, уточнена на основе имеющейся статистической информации, собранной во время её работы.

В целом работу ИКПС, как и работу других СМО, можно представить как процесс перехода

из одного состояния в другое в последовательные моменты времени под воздействием событий, определяемых правилами обслуживания. Для этого при создании программы моделирования необходимо иметь реализации следующих основных параметров:

модельное время. ИМ имеет три понятия времени: физическое, модельное и процессорное [11]. Физическое время относится к моделируемой системе. Модельное время – это воспроизведение физического времени в модели. Процессор-

ным называют время выполнения ИМ на компьютере. Основной задачей ИМ является правильное отображение порядка и временных отношений между изменениями в моделируемой системе на порядок выполнения событий в модели. Другая важная задача ИМ – снижение процессорного времени, например, за счёт применения последовательных/параллельных вычислений. Данная задача является одной из самых сложных и наукоёмких, но не актуальной для рассматриваемого исследования, так как данная проблематика не подразумевает ускорение и оптимизацию вычислений как одну из целей;

вектор событий. Каждая из компонент вектора соответствует одному из событий (последовательности событий), изменяющих состояние системы в некоторый момент времени;

вектор состояния системы. В качестве компонент вектора выбираются такие переменные, значения которых определяют состояние системы в любой момент времени её работы. Переменных должно быть достаточно для того, чтобы по их значениям (до наступления любого события) в системе можно было бы вычислить новые значения после наступления события. При моделировании работы ИКПС целесообразно использовать в качестве компонент текущее количество прошедших и находящихся в очередях заявок.

Основной цикл моделирования, продолжающийся до тех пор, пока не будет достигнут критерий остановки (проход всех заявок, либо достижение времени конца мероприятия), может быть успешно реализован одним из двух основных методов: с применением только языков высокого уровня (*C*, *C++*, *Pascal*, и др.), либо специализированных языков и сред моделирования (*GPSS*, *SIMPAS*, *Simulink*, и др.).

Заключение. Описана математическая модель типовой ИКПС объекта с многочисленными потоками посетителей, в которой учтены особенности структуры системы и механизмы, обеспечивающие её работу. Предложена имитационная модель, в которой ИКПС использована как аналогия данной системы в СМО. Разработан алгоритм построения модели входящего потока посетителей, основанный на использовании собранных ИКПС статистических данных. Проведён анализ основных аспектов, связанных с созданием программной реализации математической модели ИКПС.

Библиографические ссылки

1. **Поршинев С.В., Якоб Д.А.** К построению математических моделей контрольно-пропускных систем объектов, используемых для проведения массовых мероприятий: системный анализ проблемы // Техлотехника и информатика в образовании, науке и производстве (ТИМ–2012): сб. докл. I Всерос. науч.-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. 2012. С. 262–265.
2. **Гайрабекова Т.И., Квятковская И.Ю.** Разработка информационно-аналитической системы управления региональным агропромышленным комплексом // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2012. № 6. С. 28–33.
3. **АЗаров А.А., Тулупьева Т.В., Тулупьев А.Л.** Прототип комплекса программ для анализа защищённости персонала информационных систем, построенный на основе фрагмента профиля уязвимостей пользователя // Труды СПИРАН. 2012. Вып. 3(22). С. 21–40.
4. **Агеев Д.В.** Метод проектирования телекоммуникационных систем с использованием потоковой модели для многослойного графа // Электронное научное специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций». 2010. № 2(2). С. 7–22. URL: http://pt.journal.kh.ua/2010/2/2/102_ageyev_layer.pdf (дата обращения: 16.01.2013).
5. **Плотников А.М., Рыжиков Ю.И., Соколов Б.В.** Современное состояние и тенденции развития имитационного моделирования в Российской Федерации // Пятая всерос. науч.-практич. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности (ИММОД–2011). СПб, 19–21 октября. 2011. С. 51–61.
6. **Поршинев С.В., Якоб Д.А.** Программное обеспечение современных контрольно-пропускных систем для проведения массовых мероприятий // Связь–Пром – 2012: междунар. науч.-практич. конф. [в печати].
7. **Поршинев С.В., Якоб Д.А.** Информационная модель контрольно-пропускной системы объектов с массовыми потоками посетителей // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 5. С. 268–273.
8. **Ослин Б.Г.** Технология имитационного моделирования систем массового обслуживания // ИММОД–2003: сб. докл. первой всерос. науч.-практич. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. 2003. С. 138–141.
9. **Ковалёв С.Н.** К методике имитационного моделирования систем массового обслуживания // ИММОД–2003: сб. докл. первой всерос. науч.-практич. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. 2003. С. 100–105.
10. **Саати Т.** Элементы теории массового обслуживания и её приложения. М.: Сов. радио, 1965.
11. **Окольнишников В.В.** Представление времени в имитационном моделировании // Вычислительные технологии. 2005. Т. 10. № 5. С. 57–80.



ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

КОМПАНИЯ CISCO ПРИСТУПИЛА К ПРОИЗВОДСТВУ В РОССИИ ЧЕТВЁРТОГО СЕМЕЙСТВА СВОИХ ПРОДУКТОВ

В Твери будут изготавливаться беспроводные точки доступа Cisco 2600.

МОСКВА, 14 МАЯ 2013 ГОДА. Компания Cisco предприняла ещё один шаг по расширению производства своих продуктов в России. В Твери налажен процесс производства унифицированных точек беспроводного доступа Cisco AIR-CAP2602I-R-K9 и AIR-CAP2602E-R-K9 со встроенными и внешними антennами. Это уже четвёртое семейство продуктов Cisco, выпускаемых в Российской Федерации на производственных мощностях одного из глобальных подрядчиков компании Cisco.

Ранее в соответствии с достигнутыми в июне 2010 г. долгосрочными договоренностями в поддержку инновационного развития России компания Cisco наладила производство в РФ маршрутизаторов Cisco 2911R с интегрированными сетевыми сервисами (ISR), аппаратных VPN-модулей и цифровых телевизионных приставок, способных доставлять видео контент и новые телевизионные услуги по сетям IPTV.

Производимые в России унифицированные беспроводные точки доступа Cisco можно приобрести у любого авторизованного партнера компании Cisco. Точки доступа Cisco 2600 представляют собой совершенно новый продукт из семейства беспроводных устройств Cisco. Он разработан с учётом быстроменяющихся требований мобильных абонентов. По сравнению с продуктами конкурентов точки доступа Cisco 2600 поддерживают более высокие скорости на большем удалении абонентского устройства от антенны точки доступа и повышают вероятность обмена данными со скоростью 450 Мбит/с. Кроме того, точки доступа этой серии увеличивают быстродействие абонентских соединений и потребляют меньше энергии, чем продукты конкурентов. Точки доступа Cisco 2600 отлично работают в корпоративных сетях любого размера, где необходима высокая производительность, безопасность и надёжные каналы Wi-Fi для подключения пользовательских устройств, высокопроизводительных ноутбуков и специализированного отраслевого оборудования (например, кассовых терминалов или беспроводных медицинских приборов).

Новые точки доступа поддерживают больше абонентов и устройств, позволяют им работать с более высокой производительностью и предлагают заказчику такие функции как Cisco CleanAir для управления частотным спектром и ClientLink 2.0, которая повышает производительность клиентов и



продлевает сроки службы мобильных устройств благодаря экономии энергии.

Устройства Cisco 2600 входят в состав унифицированной беспроводной сети Cisco, поддерживающей до 72 000 беспроводных точек доступа с полной мобильностью на третьем сетевом уровне OSI в центральных и удалённых зонах, в том числе в корпоративных штаб-квартирах, отделениях компаний и на других удалённых площадках. Унифицированная беспроводная сеть Cisco (Cisco Unified Wireless Network) представляет собой самую гибкую в отрасли, надёжную и масштабируемую архитектуру для безопасной доставки мобильных услуг и приложений. Эта архитектура поддерживает минимальную совокупную стоимость владения и защищает инвестиции заказчика, беспрепятственно интегрируясь в существующую проводную сеть.

Производство точек доступа в России исключает процедуру ввоза этих устройств из-за границы, следовательно сокращается время поставки оборудования. Кроме того поставка оборудования с территории РФ позволяет снизить расходы на транспортировку и получение разрешительных документов, что положительно сказывается на конечной стоимости оборудования для заказчиков.

Cisco развивает собственное производство в России в рамках исполнения обязательств, взятых компанией на встрече президента РФ Дмитрия Медведева и главы Cisco Джона Чемберса в 2010 г. Согласно договоренностям, достигнутым на встрече, в течение следующих десяти лет Cisco инвестирует в российские разработки и высокотехнологичное производство в общей сложности миллиард долларов.

Расширяя производство своих продуктов в России, Cisco реализует стратегию, направленную на стимулирование предпринимательства, развитие устойчивых инноваций, создание новых рабочих мест и распространение новейших технологий на территории РФ.



ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

Программно-аппаратный комплекс для исследования неравномерности частоты вращения коленчатого вала ДВС. Автомобильная промышленность. 2012. № 2.

Предложен метод и программно-аппаратный комплекс для измерения мгновенной скорости и определения критериев неравномерности частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Моделирование процессов трения и смазывания при резании на основе квантово-механических расчётов. *Вестник машиностроения*. 2012. № 2.

Выполнено моделирование процессов адгезии и смазывания при резании методом функционала электронной плотности. Рассмотрены механизмы межатомного взаимодействия различных обрабатываемых и инструментальных материалов и составов смазочно-охлаждающих технологических сред.

Конструирование инерционного автоматического гидродифференциального трансформатора вращающего момента транспортного средства. Грузовик. 2012. № 2.

Рассмотрены особенности динамического взаимодействия звеньев инерционного автоматического гидродифференциального трансформатора вращающего момента. Приведён анализ конструкции основных узлов и выделены наиболее рациональные параметры.

Моделирование процессов модифицирования износостойких наплавочных сплавов. Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 2.

Предложена методика моделирования процессов первичной кристаллизации сплавов, близких к эвтектическим, при наличии модификаторов. Выявлена возможность получения полностью эвтектической структуры при наплавке номинально заэвтектических сплавов типа белых чугунов в широком диапазоне отклонений от номинального состава.

Универсальная вакуумная установка ВУ-ВСМ 600/4 (МЭШ-60) для нанесения покрытий из многокомпонентных материалов и получения напорошков. *Наноинженерия*. 2012. № 2.

Разработана промышленная универсальная вакуумная установка многоцелевого назначения на базе высокоскоростного ионно-плазменного магнетронного распыления. Показаны основные конструктивные особенности установки и её отличие от существующих. Данна технологическая концепция установки, позволяющая за счёт модульного исполнения основных узлов и блоков быстро перестраивать её с одного технологиче-

ского процесса на другой. Разработка установки такого типа осуществлена впервые и предназначена для создания современной технологической базы по нанесению покрытий и получению порошков в атомной технике, машиностроении, авиации и других отраслях промышленности.

Эффективность применения ультразвука в технологическом процессе покраски. *Наукоёмкие технологии в машиностроении*. 2012. № 2.

Рассмотрены возможности применения ультразвуковых технологий на различных этапах технологического процесса покраски. Приведены теоретические положения и результаты исследований.

Численное моделирование ламинарно-турбулентного перехода на крыле. *Полёт*. 2012. № 2.

Рассмотрены математические модели пограничного слоя, реализованные в современных программных комплексах вычислительной гидродинамики. Выполнено сравнение результатов расчётов положения ламинарно-турбулентного перехода на крыле, определённого с использованием трёх различных методик. Установлено, что результаты расчётов аэродинамических сил и моментов, действующих на крыло, полученные на основе модели ламинарно-турбулентного перехода SST у – Ree, достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Автоматизированный контроль микроклимата производственных помещений для сборки прецизионных приборов. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2012. № 2.

Предложена математическая модель, описывающая микроклимат производственного помещения для сборки прецизионных приборов и систем. Разработана система контроля микроклимата производственного модульного бокса площадью 50 м³, обеспечивающая класс чистоты помещения до 6 ISO.

Методология прогнозирования надёжности трибосопряжений. Трение и смазка в машинах и механизмах. 2012. № 2.

Предложена методология прогнозирования надёжности трибосистем как совокупность основополагающих теоретических положений процесса построения модели их отказа — математического описания процедуры формирования закона параметрической надёжности фрикционных сопряжений. Показано, что методологической основой процесса прогнозирования является разработка совокупности базовых уравнений и условий по выбранному параметру (параметрам) состояния сопряжения, решение и анализ которых позволя-

ют на стадии проектирования предсказывать значения показателей безотказности для установленного ресурса или прогнозировать ресурсные характеристики для заданного уровня надёжности. Общий методологический подход реализован в виде вероятностной методики прогнозирования надёжности «стационарных» сопряжений и её графической интерпретации.

Повышение физико-механических и триботехнических характеристик твёрдосплавных покрытий вибронакатыванием. Упрочняющие технологии и покрытия. 2012. № 2.

Показана эффективность применения твёрдосмазочных покрытий в трущихся соединениях машин, эксплуатирующихся в различных условиях. Приведены механизм их действия, физико-механические, триботехнические характеристики после обработки вибронакатыванием.

Новые литейные технологии для изготовления деталей автомобилей. Автомобильная промышленность. 2012. № 3.

Рассматривается применение современных, класса «Cold-box», технологий производства отливок моторной группы.

Применение ассоциативных правил data mining в анализе гарантийных данных по обязательствам автотранспорта. Грузовик. 2012. № 3.

Предлагаются метод и алгоритм Data Mining (генерации ассоциативных правил) поддержки принятия решений, обеспечивающие повышение эффективности использования ААС (автоматизированных аналитических систем) и направленные на решение при помощи методов Data Mining задачи автоматизации поддержки решений по управлению гарантийными обязательствами в автомобильной промышленности.

Технологические особенности процессов и выбор систем восстановления свойств отработанного формовочного песка. Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 3.

Кратко изложены изменения свойств литейной песчаной формы в процессе взаимодействия с расплавленным металлом. Приведены технологические особенности способов восстановления свойств отработанного песка. Рассмотрены области применения различных систем регенерации, тенденции их развития и проектирования.

Электронно-эмиссионный метод измерения скорости осаждения металлических пленок сплавов в вакууме на основе магнетронного эффекта. Наноинженерия. 2012. № 3.

Рассмотрены существующий электронно-эмиссионный метод контроля скорости осаждения многокомпонентных металлических покрытий в вакууме и датчик на его основе. Отмечены недостатки метода и предложено его усовершенствование путём введения магнитного поля.

Наукоёмкая технология глубинного шлифования профильных поверхностей лопаток турбин. Наукоёмкие технологии в машиностроении. 2012. № 3.

Приведён сравнительный анализ обработки профильных поверхностей лопаток турбины на многоординатном шлифовальном станке и типовой схемы обработки. Рассмотрено практическое применение и подтверждение эффективности многоординатной обработки. Рассмотрено качество поверхностного слоя обработанной поверхности получаемого различными способами шлифования.

Метод математического моделирования параметров в системах циркуляции изделий с ЖРД. Полёт. 2012. № 3.

Представлены математическая модель и метод расчёта нестационарных процессов и определения параметров газожидкостной двухфазной среды в контуре циркуляции криогенного компонента топлива, предназначенном для охлаждения элементов жидкостного ракетного двигателя (ЖРД). Разработанный метод даёт возможность определять термодинамические параметры на входе в ЖРД при подготовке к запуску.

Технология сварки сталей, покрытых алюминием, проволокой из austenитной стали. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2012. № 3.

Исследованы процессы аргонодуговой сварки сталей, покрытых алюминием, проволокой из austenитной стали, получены зависимости химического состава металла шва и механических свойств от режимов сварки, оценена жаростойкость сварных соединений в условиях работы глушителей автомобиля.

Исследование смазочного действия дисульфида молибдена при магнитопорошковом методе смазки. Трение и смазка в машинах и механизмах. 2012. № 3.

Рассмотрен механизм формирования плёнки твёрдосмазочной композиции дисульфида молибдена и никеля на рабочих поверхностях в зависимости от условий работы на роликовой установке и на аналоге цевочной передачи.

Повышение качества поверхностного слоя и увеличение долговечности лопаток второй ступени газоперекачивающего агрегата ГТК-10 на основе совершенствования технологического процесса термопластического упрочнения. Упрочняющие технологии и покрытия. 2012. № 3.

Приведены результаты исследования остаточных напряжений, усталостных испытаний и микроструктуры образцов из сплава ХН65ВМТЮ (ЭИ893), вырезанных электроискровым способом из пера лопатки второй ступени газоперекачивающего агрегата ГТК-10, предварительно подвергнутой термопластическому упрочнению на установке с регулируемой системой охлаждения.



ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ



ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

учебное пособие в 4 кн.

Под ред. Д.В. Черниловского

Кн. 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. Н.В. Ладогубец, Э.В. Лузик

Содержит основные положения, формулы и законы, используемые при изучении курса "Теоретическая механика", включая динамику материальной точки и динамику материальной системы и твердого тела. Даны алгоритмы решения задач, вопросы для самоконтроля и тестовые задания.

Кн. 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ. В.В. Астанин

Изложены основные вопросы расчетов на прочность элементов машин и сооружений. Приведены примеры решения типовых задач на растяжение и сжатие, сдвиг, кручение, изгиб, сложное сопротивление, повторно-переменные и динамические нагрузки.

Кн. 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН. Я.Т. Киницкий

Изложены основные понятия и определения курса, структура и классификация механизмов и машин, общие методы кинематического и динамического исследования механизмов, приведены некоторые сведения из теории регулирования движения машин и уравновешивания механизмов.

Кн. 4. ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. Д.В. Черниловский

Изложены основные сведения о технологических функциях механизмов, их кинематических и силовых возможностях, достоинствах и недостатках, позволяющих технологии производственных процессов провести анализ и синтез при принятии решения в процессе разработки технического задания на совершенствование существующих конструкций машин или вновь проектируемых машинных комплексов.

Для студентов высших технических учебных заведений, изучающих курсы "Сопротивление материалов" и "Техническая и прикладная механика".

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

В.И. Васильев

2013 г. Объем 172 с. Формат 60x88 1/16 ISBN 978-5-94275-667-3 Цена 250 р.



Рассмотрены основы построения интеллектуальных систем защиты информации в корпоративных информационных системах. Особое внимание уделено построению биометрических систем идентификации личности, систем обнаружения и предотвращения вторжений, анализа и управления информационными рисками. Изложены современные подходы к созданию данного класса систем с использованием методов теории нейронных сетей, искусственных иммунных систем, нечетких когнитивных моделей.

Допущено Учебно-методическим объединением по образованию в области информационной безопасности в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специализациям специальности "Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем".

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Строгановский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU