

## ДАТЧИКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ ТОПЛИВА В СИСТЕМАХ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ

Приведена схема подключения датчиков к измерительной аппаратуре для исследования или диагностирования топливной системы дизелей. Рассмотрена конструкция комбинированного датчика для определения давления топлива в штуцере насоса и хода нагнетательного клапана. Предложены датчики для записи давления топлива в трубопроводе и перед сопловыми отверстиями, а также движения иглы распылителя форсунки.

**Ключевые слова:** насос, клапан, трубопровод, форсунка, датчики, сопло.

Топливная аппаратура (ТА) с механическим или электронным управлением хода иглы является одной из основных систем дизелей. Она в значительной степени влияет на мощностные, экономические, экологические показатели, надежность и долговечность. Технические показатели ТА можно определить по анализу давления в топливопроводе и хода иглы распылителя форсунки.

Разработкой, модернизацией, эксплуатацией, диагностированием ТА занимается широкий круг инженерно-технических работников, ученых, для которых важно иметь определенную информацию о конструктивных особенностях, методах исследования, испытания и диагностирования ТА.

Для исследования и диагностирования ТА необходима измерительная аппаратура — датчики, усилители, преобразователи, осциллографы, компьютеры. При исследовании оценивают интенсивность впрыска топлива (величину давления, продолжительность впрыска, характеристику впрыска). Протекание процесса подачи топлива в камеру сгорания дизеля должно обеспечивать малый расход топлива, минимальную токсичность отработавших газов и допустимую жесткость сгорания.

Диагностирование ТА обычно проводят следующими методами:

1. Осциллографируют процесс подачи топлива, фиксируя импульс давления в топливопроводе и движение иглы распылителя форсунки. Полученную

диаграмму сравнивают с эталонной (контрольной) диаграммой, определяют интенсивность впрыска топлива и техническое состояние ТА.

2. Сравнивают опытную диаграмму с набором диаграмм, полученных с заведомо известными характерными неисправностями (например, потеря подвижности иглы распылителя). Эффективность данного метода диагностики зависит от набора имеющихся в базе данных диаграмм с известными неисправностями и сравнения их при помощи ЭВМ с контрольной диаграммой.

Для исследования и диагностирования ТА необходимы датчики различной конструкции, сигналы с которых усиливаются и регистрируются специальной аппаратурой. Ряд датчиков выпускают отечественные или зарубежные фирмы (например, австрийская фирма AVL, Clamp-On Transducer — преобразователь на зажиме) [1]. В современных датчиках давления и перемещения возможно применение встроенных аналогово-цифровых преобразователей (АЦП), что упрощает процесс исследования или диагностирования ТА.

На рис. 1 представлена схема подключения датчиков к измерительной аппаратуре для исследования или диагностирования форсунок ТА дизелей по анализу хода иглы распылителя форсунки. На схеме показан датчик индуктивного типа для определения верхней мертвой точки (ВМТ) кривошипно-шатунного механизма дизеля и датчик хода иглы распыли-

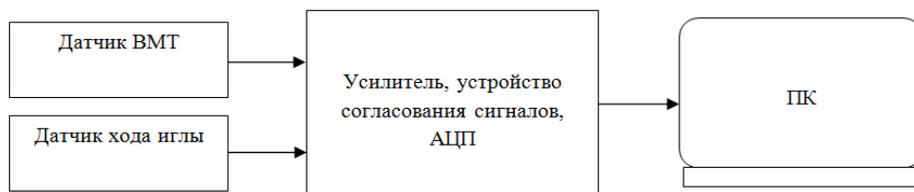


Рис. 1. Схема подключения датчиков к измерительной аппаратуре при исследовании или диагностировании ТА

теля индуктивного или тензометрического типа. Сигналы с датчиков усиливаются, поступают на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), и при помощи персонального компьютера (ПК) исследователь получает необходимые осциллограммы.

Рассмотрим несколько видов датчиков, которые могут быть использованы в процессе исследования или диагностирования ТА.

На рис. 2 показана конструкция разработанного комбинированного датчика [2], позволяющего одновременно записывать изменение давления в штуцере насоса и перемещение нагнетательного клапана.

Корпус датчика 1 является штуцером насоса высокого давления. Объем полости датчика должен соответствовать внутренним размерам штуцера. К нагнетательному клапану припаивается шток из немагнитной стали со стальным сердечником в верхней части. При установке клапана в штуцер длина штока должна быть равна расстоянию до центра между катушками 6. Катушки выполнены из провода ПЭЛ диаметром 0,15 мм с числом витков 100. Площадь отверстия корпуса 7 должна быть не менее площади сечения трубопровода.

Корпус 7 выполнен из немагнитной стали Х18Н9Т. Стакан 3 с упругим элементом изготовлен из стали 45ХНМФА. Мембрана имеет диаметр 20 мм с толщиной 1–3 мм в зависимости от величины максимального давления топлива. Наиболее полно диаграмма давления топлива регистрируется при учете гармоник не ниже 150 порядка [1]. Верхний предел частот (Гц), которые должен пропускать датчик, рекомендуется определять из выражения

$$f = 150 n / (60\tau), \quad (1)$$

где  $n$  — частота вращения коленчатого вала,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\tau$  — коэффициент тактности двигателя ( $\tau = 1$  для двухтактного и  $\tau = 2$  для четырехтактного).

Частота собственных колебаний датчика должна быть в три раза больше частот исследуемого процесса и должна соответствовать не менее 50 кГц.

На рис. 3 приведены основные виды нагнетательных клапанов. Внутренние размеры корпуса датчика 1 (рис. 2) выполнены для нагнетательного клапана перьевого типа (рис. 3в).

Для исследования процесса подачи топлива возможно использование кварцевых датчиков [3]. На рис. 4 показана конструкция пьезоэлектрического датчика для измерения давления на выходе из насоса или входе в форсунку. При повышении давления мембрана деформируется и через опорный диск 10 передает усилие на кварцевые пластины 8. Электрический заряд, создаваемый при деформации кварцевой пластины, передается от медной пластины с проводником на контакт 5 и поступает к усилителю.

Для записи перемещения иглы распылителя форсунки рекомендуется индуктивный датчик в виде «проставки» [4]. На рис. 5 приведен разрез форсунки дизеля с установкой индуктивного датчика 3, при помощи которого записывается движение иглы, и тензометрического датчика 8 для оценки изменения давления в полости форсунки. Корпус датчика 3 и штанга 4 выполнены из немагнитной стали Х18Н9Т. Рабочая катушка 10 намотана из провода ПЭЛ диаметром 0,13 мм с числом витков 35. Компенсационная катушка имеет те же параметры и размещается вне форсунки. Принцип работы датчика основан на изменении индуктивного сопротивления рабочей катушки в зависимости от зазора между торцом иглы и корпусом форсунки.

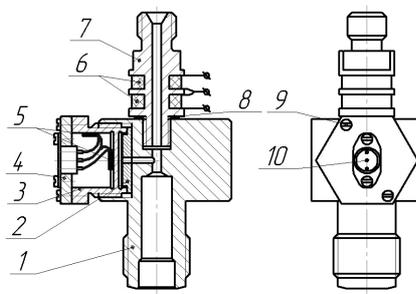


Рис. 2. Датчик комбинированный:  
1 — корпус датчика; 2 — вытеснитель;  
3 — стакан с упругим элементом;  
4 — крышка; 5 — рабочий и компенсационный тензорезисторы;  
6 — катушки индуктивности;  
7 — корпус датчика перемещения нагнетательного клапана; 8 — прокладка; 9 — винт; 10 — разъем

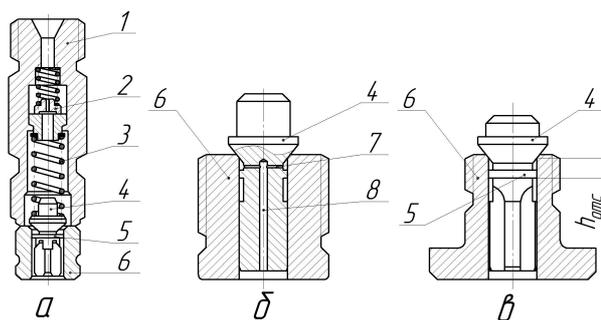


Рис. 3. Нагнетательные клапаны:  
а — клапан с обратным дросселем;  
б — клапан с корректирующим отверстием;  
в — клапан перьевого типа;  
1 — корпус штуцера; 2 — обратный дроссель;  
3 — пружина; 4 — клапан нагнетательный;  
5 — поясok разгрузочный; 6 — корпус клапана;  
7 — корректирующее отверстие;  
8 — подводящее отверстие

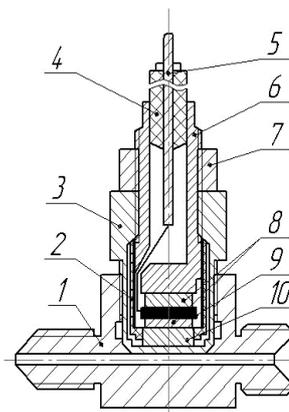


Рис. 4. Датчик давления пьезоэлектрический:  
1 — корпус датчика; 2 — сильфон;  
3 — стакан с измерительной мембраной;  
4 — изолятор; 5 — контакт; 6 — корпус модуля;  
7 — контргайка; 8 — кварцевые пластины;  
9 — медная пластина с проводником;  
10 — опорный диск

В условиях эксплуатации двигателя применение индуктивного датчика, расположенного между корпусом форсунки и распылителем, связано с определенными трудностями. В данной работе рассмотрена возможность записи хода иглы съёмным датчиком давления, который устанавливается в линии отвода утечек топлива из форсунки [5].

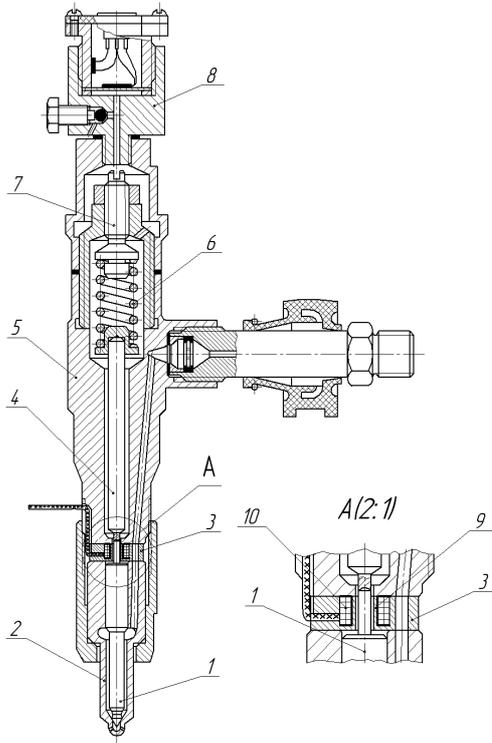


Рис. 5. Установка датчиков в форсунку для записи перемещения иглы и давления:

- 1 — игла распылителя; 2 — корпус распылителя;  
3 — датчик перемещения иглы;  
4 — штанга; 5 — корпус форсунки; 6 — пружина;  
7 — регулировочный винт;  
8 — датчик давления;  
9 — проставка с проточкой для катушки 10

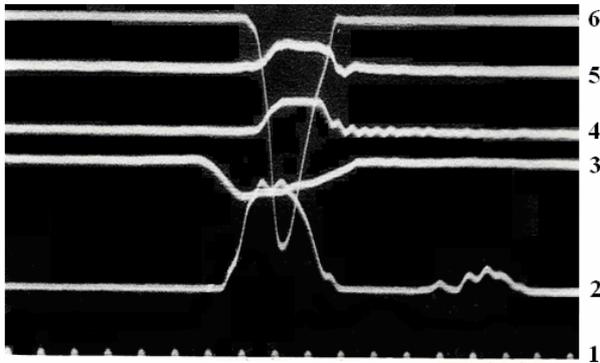


Рис. 6. Осциллограммы процесса впрыска топлива

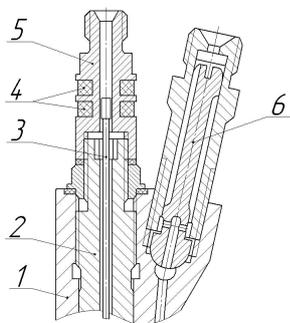


Рис. 7. Верхняя часть форсунки теплового дизеля 16ЧН 26/26 с датчиком индуктивного типа для записи хода иглы:  
1 — корпус форсунки; 2 — винт регулировочный;  
3 — шток; 4 — катушки; 5 — корпус датчика;  
6 — штуцер

В момент подъема иглы 1 (рис. 5) в полости корпуса форсунки 5, заполненной топливом, давление повышается и может быть зафиксировано датчиком давления 8. Упругим элементом датчика является мембрана с наклеенным проволочным тензорезистором.

На рис. 6 приведены осциллограммы процесса впрыска топлива, зафиксированные при работе дизеля Д-440 (4ЧН13/14) на номинальном режиме с частотой вращения вала насоса  $875 \text{ мин}^{-1}$  и цикловой подачей  $103 \text{ мм}^3$ . На представленных осциллограммах показаны отметка времени 1 (0,001 с), давление топлива в штуцере насоса 2, ход нагнетательного клапана 3, давление в замкнутом объеме форсунки 4 (полости пружины), ход иглы 5, давление перед сопловыми отверстиями 6. Сравнение осциллограмм изменения давления в замкнутом объеме форсунки (4) и хода иглы (5) показывает их идентичность [5].

Таким образом, закономерность движения иглы распылителя форсунки для топливных систем с низким остаточным давлением, можно определить при помощи датчика давления, установленного в дренажную магистраль. На рис. 6 при помощи комбинированного датчика (рис. 2) записаны осциллограммы изменения давления в штуцере насоса (2) и движения нагнетательного клапана (3). Ход иглы (5) записан датчиком в виде «проставки», изменение давления в замкнутой полости корпуса форсунки 5 зафиксировано при помощи датчика давления 8 (рис. 5).

Движение иглы распылителя форсунки может фиксироваться индуктивным выносным датчиком, корпус которого изготовлен из немагнитной стали (рис. 7). В корпусе датчика 5 расположены две катушки 4. К штанге форсунки приварен шток 3, выполненный также из немагнитной стали. На конце штока 3 припаяна короткая стальная трубка, расположенная в середине катушек 4. При движении иглы и штанги шток 3 перемещается, изменяя индуктивность катушек 4, что позволяет фиксировать ход иглы.

Для определения давления в трубопроводе возможно применение съемного датчика [6], пьезоэлектрическая пленка 8 которого при помощи специального устройства прижимается к поверхности трубопровода 7 (рис. 8).

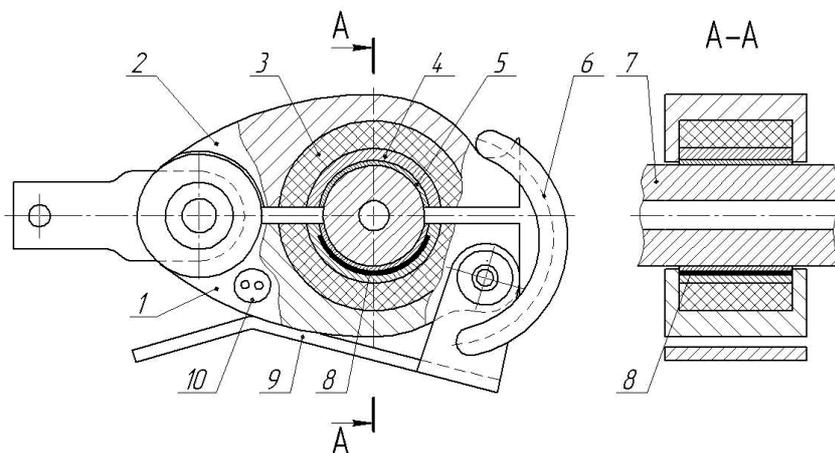
При деформации трубки изменяется сопротивление пьезоэлектрической пленки. Используя усиливающую и регистрирующую аппаратуру, фиксируют импульс давления. Датчик давления с рычажным креплением выпускает австрийская фирма AVL. Размер внутренней полости датчика должен соответствовать значению наружного диаметра трубопровода (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 мм).

На рис. 9 приведена конструкция датчика для определения давления перед сопловыми отверстиями (давления впрыска). В корпусе распылителя 4 выполняется центральное отверстие, которое соединено при помощи втулки 5 с полостью мембраны чувствительного элемента 8. На рис. 6 приведена осциллограмма (импульс 6), записанная данным датчиком. Для распылителей со съемным сопловым наконечником (судовые, тепловозные двигатели) предлагается датчик для записи давления впрыска, изображенный на рис. 10.

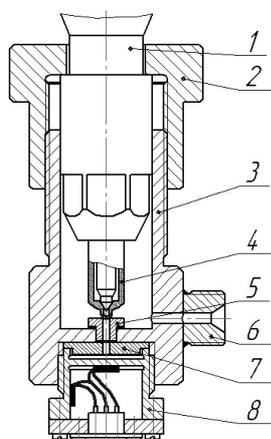
Погрешность датчиков для измерения перемещения движущихся деталей насоса и форсунки, а также давления топлива не превышает 5–7 % [7].

#### Выводы:

— разработана конструкция комбинированного датчика для определения давления топлива в штуцере насоса и перемещения нагнетательного клапана;



**Рис. 8. Датчик давления съемный (зажимной):**  
 1 — неподвижный корпус датчика; 2 — подвижный корпус датчика; 3 — упругий элемент;  
 4 — наружный электрод; 5 — внутренний электрод (медная фольга);  
 6 — петля; 7 — трубопровод; 8 — пьезопленка;  
 9 — ручка прижимного устройства; 10 — гнездо датчика



**Рис. 9. Датчик давления впрыска топлива:**  
 1 — форсунка; 2 — гайка; 3 — корпус датчика;  
 4 — корпус распылителя с центральным отверстием;  
 5 — втулка; 6 — штуцер для слива топлива;  
 7 — уплотнительная прокладка;  
 8 — чувствительный тензометрический элемент

— разработаны индуктивные датчики для записи движения иглы распылителя в виде «проставки», расположенной между корпусом распылителя и форсунки, а также на выходе из форсунки;

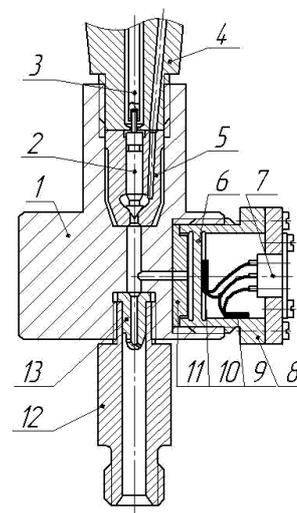
— предложен способ записи движения иглы датчиком давления, который устанавливается в линии отвода утечек топлива из форсунки;

— предложен съемный пьезоэлектрический датчик для записи давления в любых сечениях топливопровода;

— разработаны датчики для измерения давления перед сопловыми отверстиями распылителей.

#### Библиографический список

1. Коньков, А. Ю. Диагностирование дизеля на основе идентификации рабочих процессов : моногр. / А. Ю. Коньков, В. А. Лашко. — Владивосток : Дальнаука, 2014. — 365 с.
2. Пат. № 2272168 РФ, МПК F 02 М 1/00. Датчик комбинированный / Макушев Ю. П.; заявитель и патентообладатель Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ). — № 2004120817; заявл. 07.07.2004; опубл. 20.03.2006, Бюл. № 8.



**Рис. 10. Датчик измерения давления под конусом иглы:**  
 1 — корпус датчика; 2 — игла распылителя;  
 3 — штанга форсунки; 4 — корпус форсунки;  
 5 — корпус распылителя; 6 — мембрана;  
 7 — разъем; 8 — стакан;  
 9 — компенсационный тензоэлемент;  
 10 — рабочий тензоэлемент; 11 — вытеснитель;  
 12 — штуцер прижимной;  
 13 — съемный сопловый наконечник

3. Файнлейб, Б. Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей : справ. / Б. Н. Файнлейб. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л. : Машиностроение, 1990. — 352 с.

4. Живоченко, А. В. Датчик для записи подъема иглы форсунки дизеля / А. В. Живоченко, Л. Ю. Михайлова // Вестник Павлодарского ун-та : науч. журн. — 2001. — № 4. — С. 110–112.

5. Михайлова, Л. Ю. Датчик давления для осциллографирования хода иглы распылителя форсунки / Л. Ю. Михайлова // Ориентированные фундаментальные прикладные исследования — основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России : материалы Всерос. 65-й науч.-техн. конф. ФГБОУ ВПО «СибАДИ». — Омск, 2011. — Кн. 2. — С. 397–402.

6. Коньков, А. Ю. Основы технической диагностики локомотивов : учеб. пособие / А. Ю. Коньков. — Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2007. — 98 с.

7. Кассандрова, О. Н. Обработка результатов наблюдений / О. Н. Кассандрова, В. В. Лебедев. — М. : Наука, 1970. — 104 с.

**МАКУШЕВ Юрий Петрович**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры тепловых двигателей и автотракторного электрооборудования Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии.

Адрес для переписки: makusev321@mail.ru

**ВОЛКОВА Лариса Юрьевна**, старший преподаватель кафедры судовых энергетических установок и теплоэнергетики Калининградского государственного технического университета.

Адрес для переписки: volkova0969@mail.ru

Статья поступила в редакцию 18.03.2016 г.

© Ю. П. Макушев, Л. Ю. Волкова

УДК 623.435

**В. П. ПИВОВАРОВ**

Омский автобронетанковый инженерный институт

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО НАКАТНИКА ОСНОВНОГО ТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ

Приведены результаты исследований параметров накатника в условиях изменения температуры воздуха и изменения объема в пневмополости накатника.

**Ключевые слова:** танковая пушка, пневматический накатник, температура, давление, математическая модель артиллерийской системы.

Одними из основных факторов, влияющих на точность стрельбы танковых артиллерийских систем, являются конструктивные, энергетические (баллистические) и технологические параметры пушки и снаряда, динамика перемещений составных частей пушки при выстреле. Теоретическое и экспериментальное исследование динамики механической системы «танк — пушка — снаряд» при выстреле позволяет выявить общие закономерности происходящих при выстреле явлений и обосновать требования к конструктивной схеме пушки, ее отдельным составным частям и способам их сопряжения. Математическая модель артиллерийской системы, построенная на методе векторных уравнений, при достаточной строгости позволяет просто и наглядно описать динамику артиллерийской системы независимо от числа обобщенных координат. Уравнение движения системы составляется на основании законов сохранения количества и моментов количества движения [1]:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} m\bar{v} &= \sum \bar{F}_i + \sum \bar{N}_i; \\ \frac{d}{dt} I\bar{\omega} &= \sum \bar{M}_{if} + \sum \bar{M}_{in}. \end{aligned} \quad (1)$$

В соответствии с расчетной схемой, представленной на рис. 1, откатные части, как составные элементы механической системы «пушка — снаряд», описываются следующим уравнением — уравнением отката

$$m_{отк} \ddot{x}_{отк} = P_{KH} - R_T - R_H, \quad (2)$$

где  $m_{отк}$  — масса откатных частей;

$\ddot{x}_{отк}$  — ускорение поступательного движения откатных частей;

$P_{KH}$  — сила давления пороховых газов на дно канала ствола;

$R_m$  — сила сопротивления тормоза отката;

$R_H$  — сила сопротивления накатника.

Исходя из уравнения (2), увеличение силы сопротивления отката  $R_H$  вследствие увеличения давления в воздушной полости накатника, возможно уменьшение величины ускорения поступательного движения откатных частей (отката)  $\ddot{x}_{отк}$  (минимально допустимая величина, перемещения откатных частей при котором обеспечивается срабатывание полуавтоматики должно быть не менее 169 мм) [1, 2]. Увеличение силы сопротивления отката  $R_H$  (особенно на начальном участке) негативно отражается на формировании углов вылета снарядов, а следовательно, на точности артиллерийской системы в целом.

Проводимые исследования работоспособности пневмоустройств показывают, что основным фактором, характеризующим их надежное функционирование, является постоянство давления в пневмополости, зависящее от изменения температурного режима и от изменения объема пневмополости.

Анализ теплового режима рассматриваемого пневмопривода свидетельствует о том, что температура газа в накатнике изменяется весьма медленно. За 0,64 секунды при совершении прямого (300 мм) и обратного (300 мм) ходов цилиндра со скоростью 10 м/с прирост температуры газа не превышает 1,0 °С. Вместе с тем проведенные исследования показали наличие факта влияния изменения температуры сжатого воздуха внутри цилиндра накатника на изменение усилий отката, экспериментальным и расчетным путем по интервальным значениям температуры от -30 до 50 °С [3].

Для накатника 120 мм танковой пушки по результатам расчета построены зависимости (рис. 2) из-

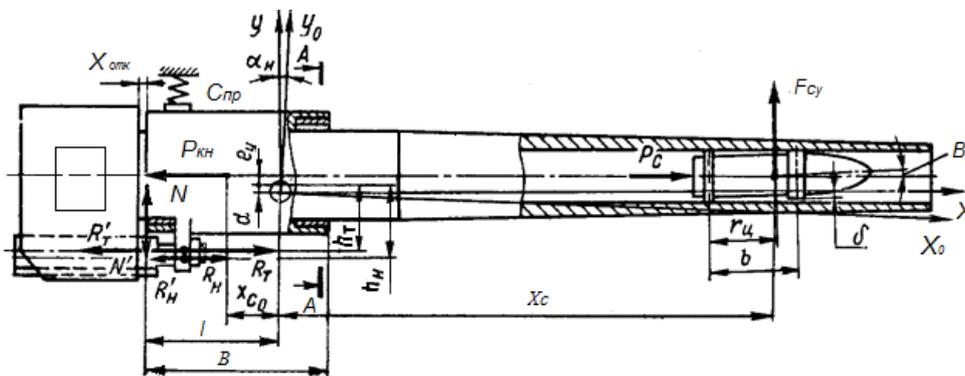


Рис. 1. Расчетная схема танковой пушки типа Д-81

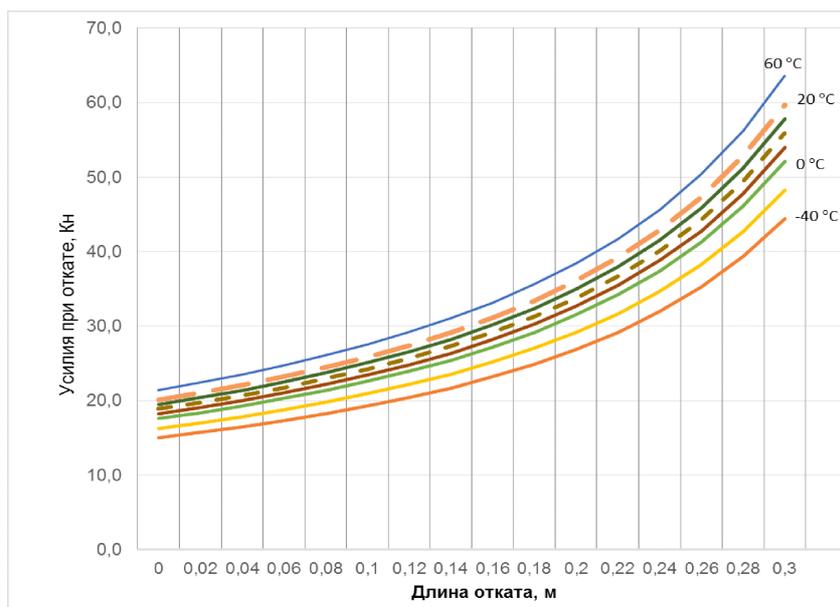


Рис. 2. Диаграмма изменения усилия накатника

менения усилия накатника от температуры воздуха [3].

Из полученной диаграммы видно, как изменяется усилие накатника в начале и конце отката при разных температурах воздуха внутри цилиндра. Происходит изменение начальной силы и силы в конце отката.

Полученные данные свидетельствуют, что увеличение температуры оказывает значительное влияние на рост давления, тем самым увеличивая работу (работа отката или наката определяется площадью под диаграммой под кривой), производимую накатником при откате и накате. Как видно из диаграммы, работа наката увеличивается пропорционально температуре сжатого воздуха в цилиндре накатника, а значит, и пропорционально температуре окружающей среды.

Проведенный регрессионный анализ расчетных значений работы отката (наката) позволил вывести эмпирическое уравнение (2) зависимости работы отката (наката) от температуры сжатого воздуха в цилиндре накатника (рис. 3)

$$A_n = 0,4514 \cdot t_b + 4,62, \quad (3)$$

где  $A_n$  — работа, совершаемая накатником при откате, кДж;

$t_b$  — температура сжатого воздуха внутри накатника, °С

Анализируя полученную расчетную диаграмму зависимости работы накатника от температуры воздуха внутри цилиндра (рис. 3), можно сказать, что наименьшую работу накатник будет совершать при отрицательных температурах. Но такие условия будут негативно сказываться на работе герметизирующих устройств, которые быстро придут в негодность, что приведет к отказу накатника. Оптимальной рабочей температурой таких уплотнений является интервал от 10 до 40 °С, при этом значение совершаемой работы будет 6,2÷6,8 кДж.

Другим, не менее значимым фактором, влияющим на надежность функционирования пневматического накатника, является изменение объема его пневматической полости, связанное с перетечками жидкости из гидравлической полости в газовую. Исследование стабильности рабочих параметров пневматических накатников в условиях эксплуатации (табл. 1) показало значительные отклонения от исходных значений давления газа в воздушной полости и измерения количества жидкости в пневматической полости накатников.

В результате анализа экспериментальных данных установлено, что вместо ожидаемого падения давления из-за утечек газа через уплотнения (герметизирующие устройства) плавающего поршня в большинстве накатников было отмечено его повышение. Это явление объясняется попаданием жидкости из гид-

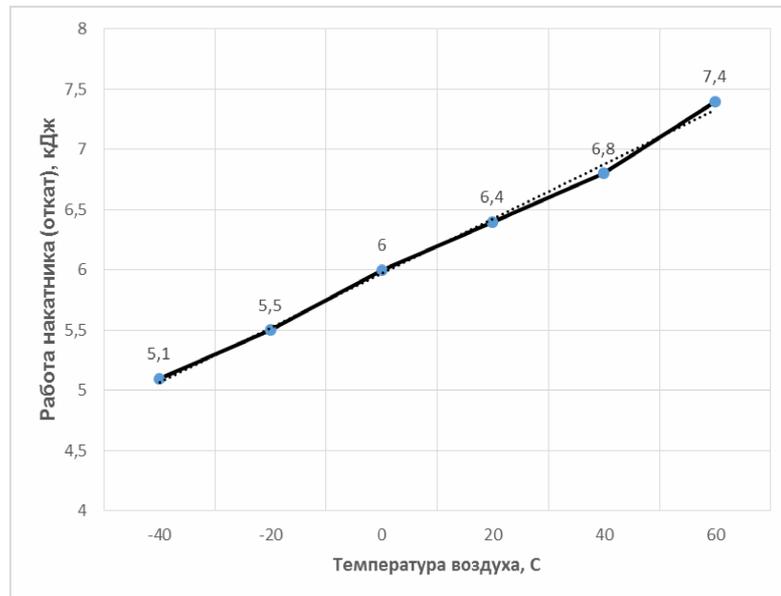


Рис. 3. Графическая зависимость работы накатника от температуры воздуха внутри цилиндра

Таблица 1

Результаты измерений и расчетов давления газа и объема перетекшей жидкости в пневматической полости при  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

№ п/п	Давление газа, МПа		Объем перетекшей жидкости, см <sup>3</sup>
	в начале прямого хода, МПа	в конце прямого хода, МПа	
1	6,1	16,1	150
2	5,8	14,3	70
3	6,0	16,6	180
4	5,9	16,5	210
6	6,1	15,4	100
7	6,0	15,4	120
8	5,9	17,5	270

равлической полости в пневматическую, что в итоге влияет на величину рабочего объема и давления газа в пневмополости.

Перетекание жидкости в количестве, сопоставимом с объемом пневмополости в положении максимального отката, может привести к гидравлическому удару и разрушению элементов пневматического накатника. Поэтому необходимо отметить, что наряду с комплексом положительных свойств пневматического накатника, таких как прогрессивная нелинейная характеристика жесткости, близкая к оптимальной, обеспечивающая достаточную компактность и плавность перемещения в процессе эксплуатации, выявлен серьезный недостаток этой конструкции, которым является недостаточная надежность герметизирующих устройств плавающего поршня [4], вследствие перетекания жидкости в пневматическую полость. Этот недостаток в значительной степени не только ухудшает характеристики артиллерийской системы, но и повышает аварийность при стрельбе из основного оружия.

Таким образом, из анализа работы пневматического накатника следует, что изменение объема пневмополости и повышения температуры газов отрицательно сказывается на жесткости накатника. Упругие характеристики (жесткость) накатника и ди-

намические характеристики переходных процессов зависят от давления в накатнике, которое, в свою очередь, зависит от температуры и величины перетечек жидкости в пневмополость.

Неконтролируемое изменение усилий негативным образом сказывается на работе накатника, что, в свою очередь, ведет к снижению эффективности стрельбы всего орудия в целом. В связи с этим требуется регулирования давления воздуха в накатнике. Для сохранения неизменности последнего необходимо для различных условий поддерживать постоянство температуры и объема пневмополости. Данная задача решается с помощью применения специальной системы, обеспечивающей поддержание давления в его пневмополости в состоянии наката неизменной. Техническая реализация осуществляется за счет включения накатника к воздушной системе боевой машины.

#### Библиографический список

1. Теория и конструкция танка. В 10 т. Т. 2. Основы проектирования вооружения танка / Под ред. П. П. Исакова; ред. Э. К. Потемкин — М.: Машиностроение, 1982. — 249 с.
2. Орлов, Б. В. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий / Б. В. Орлов, Э. К. Ларман, В. Г. Маликов. — М.: Машиностроение, 1976. — 431 с.

3. 125-мм танковые пушки 2А46 и 2А46-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. В 2 ч. Ч. 1. и Ч. 2. — М. : Воениздат, 1979. — 280 с.

4. Пивоваров, В. П. Использование численного моделирования при анализе работоспособности пневмогидроустройств / В. П. Пивоваров, О. В. Кропотин, Ю. К. Машков // Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура : материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Омск : Изд-во СибАДИ, 2003. — Кн. 3. — С. 230–231.

**ПИВОВАРОВ Владимир Петрович**, кандидат технических наук, начальник кафедры электрооборудования и автоматики.

Адрес для переписки: [vpivovarov@mail.ru](mailto:vpivovarov@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 11.02.2016 г.

© В. П. Пивоваров

УДК 655.3.06

**И. А. СЫСУЕВ  
И. В. ПРУД  
Н. Н. КОЗИНА  
К. В. ВАСИЛЕВИЧ  
В. В. СКИТЧЕНКО  
О. Е. СЕРДЮК**

Омский государственный  
технический университет

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНТРАСТА ГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗА СТРАНИЦЫ ПЕЧАТНЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ**

**В статье рассматриваются вопросы, относящиеся к созданию привлекательного и удобочитаемого внешнего графического облика регулярных страниц печатных и электронных публикаций. Приводятся данные, относящиеся к насыщенности текстового набора и контрасту страниц печатных и электронных публикаций. Показано изменение контраста графического образа страницы при печати и при отображении на экране, в том числе в зависимости от цвета подложки (бумаги) или фона экрана.**

**Ключевые слова:** графический образ страницы, печатные и электронные публикации, насыщенность текстового набора, контраст, цветная подложка, фон экрана.

Зрительная система человека с раннего возраста приспособляется для восприятия предметов преимущественно в отраженном свете. При чтении текста с бумажного носителя человек воспринимает отраженный от бумаги свет. С появлением в жизненной практике электронных средств отображения информации (экран монитора, электронные книги, дисплеи гаджетов и т. д.) зрительная система человека вынуждена адаптироваться к особенностям восприятия излучающих свет устройств. Интенсивность свечения монитора (дисплея), его мерцание, разрешающая способность и пр. вносят коррективы в восприятие человеком текстовой и изобразительной информации, представленной в электронном виде.

Однако в обоих случаях удобочитаемость текста в значительной степени зависит от контраста публикации, который определяется соотношением белого (поля страницы, пробелы), серого (массив основного текста) и черного (заголовки, графика, иллюстрации) пространств. Публикации с высоким контрастом предпочтительнее малоконтрастных. Это справедливо как для печатных публикаций, так и для текстовых документов, представленных в электронном виде и отображаемых на экране (монитора, элек-

тронной книги, планшета, телефона и т. д.), несмотря на различие механизмов восприятия печатного оттиска в отраженном свете и электронного документа на экране, являющемся источником оптического излучения и характеризующемся низким (относительно устройств печати) разрешением [1]. В этой связи является актуальным изучение и сравнительный анализ контраста печатных и электронных публикаций на предмет выработки рекомендаций для разного рода дизайнерских решений при создании графического образа страниц текстовых документов.

Наиболее приемлемым и удобным для чтения остается черный текст на белом фоне. Однако в текущей практике для реализации различных дизайнерских решений широко используются цветные подложки. В этом отношении значительную роль в восприятии графического образа страницы текстового документа играет цвет фона, на котором расположен текст [2].

Цель исследования — определение и сравнительный анализ контраста графического образа регулярной страницы печатных публикаций, выполненных на цветных подложках (бумагах), и электронных публикаций с аналогичными параметрами текстового набора и фоном, соответствующим по цвету

## ПРОГРАММНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАСЫЩЕННОСТИ ТЕКСТОВОГО НАБОРА ПЕЧАТНЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

В последнее время растет интерес историков советскому образу жизни, составной частью которого являлся костюм. Мода и социализм, на первый взгляд, совершенно несовместимые понятия. С самого начала отношения социализма к моде отличались враждебностью, считая ее «эстетическим пережитком» прошлого. Наилучшей одеждой для нового человека считалась утилитарная, лишенная бесполезных украшений спецодежда. В середине 1930-х годов был сформирован иной подход к моде с возвращением к некоторым символам традиционной моды. Целью — создание особого, единого для всех советского стиля в одежде — в это время стали рассматриваться механизмы модифицирования и производства одежды при подчинении централизованному контролю. Функция трансляции одобренного стиля в одежде была возложена на средства массовой информации и кинематограф. Смена идеологических вех произошла с утверждением у власти Н. С. Хрущева. Политика открытости способствовала смягчению официального отношения к западной моде, проникновению западных тенденций моды с Советским Союзом. Это способствовало возникновению новых направлений в моде, отличных от образцов регламентированных социалистической модой. В настоящий стиль предлагается рассмотреть механизмы трансляции моды в СССР в период «оттепели», когда происходит встреча социалистической западной моды и окончательно формируется «советский стиль» в одежде. Признавая возможность существования моды в социалистическом обществе, руководство страны стремится к ее регламентации. Пропагандистом «советского стиля», получившим официальное одобрение, являются средства массовой информации, в первую очередь это специализированные журналы и буклеты. Уже в послевоенный период налаживается выпуск модных журналов. К 1948 году при поддержке Уполномоченного Московского дома моделей в СССР регулярно выпускался журнал мод «Тираж 50 тыс. экземпляров», а также более оперативные рабочие альбомы под названием «Модели одежды» (тираж 70 тыс. экземпляров) [1]. Со временем ассортимент альбомов расширялся, их уже издают другие дома моделей, такие как Ленинградский, Киевский, Рижский. Например, Ленинградский дом моделей выпускал дважды в год тиражом 25 тыс. экземпляров «Альбом мод» с рисованными иллюстрациями, регулярно издавался журнал «Мода для полных женщин» тиражом 26 тыс. экземпляров под редакцией В. Г. Наминской. Тот же дом моделей выпускал «Образы — бюжэ — юбки» тиражом 80 тыс. экземпляров под редакцией Т. Ивановой [2]. В эйфорический период рисованные альбомы мод издавал Новосибирский дом моделей. Альбомы мод распространялись через розничную торговлю по всей стране, в Омской области библиотеке им. А. С. Пушкина сохранились альбомы мод, изданные различными моделирующими организациями, швейными и торговыми предприятиями. Самыми советскими модными изданиями о моде в СССР были эстонский журнал «Ситуат» и латвийский «Ритас» модес, издававшиеся на двух языках, русском и латышском. Журналы распространялись по подпольке и через сеть киосков «Создать моду» издавая при этом альбомы мод, в которых не только было куплено. Главными достояниями журнала «Ситуат» были точная информация о наиболее-приемлемых для советского образа жизни тенденциях моды, качественные модные фотографии. Страницы моды существуют в периодических женских изданиях, таких как «Работница», «Красавица», «Советская женщина». Здесь регулярно печатались модели одежды, разрабатываемые ведущими домами моделей, экспериментальными лабораториями и atelier. К ним принадлежали выкройки платьев, которые можношить в домашних условиях, стиль же регулярно появлялся и самовольно, издавая при этом альбомы мод. В стране издавались только советские журналы мод. Положение начало меняться во второй половине 1950-х годов. В декабрьском журнале «Советская женщина» за 1956 год опубликовано обращение Александры Гримм, журналистки, «в прошлом моделистки лучших парижских домов мод готового платья», предложением информировать читателей о французских модах [3]. С 1957 года журнал начинает публиковать эти материалы. Были представлены фотографии известной немецкого фотографа середины XX века Вилли Майвальда и модели Домов Жака Габриэля, Яны Пату и Полью Манри. Таким образом, начиная с 1956 года в изданиях публикуются фотографии, вызывающие большой интерес к западным модам. Журнал «Ситуат» в специальном разделе «Своего света» публикует перепечатанные «пиратским» образом фотографии из последних французских и английских журналов мод [4]. В 1959 году Всесоюзный институт ассортимента изделий легкой промышленности (ВИАлепром) начинает издавать новый журнал «Модели сезона». В нем сочетались рисунки и фотографии женской, детской и мужской моды. Особенно нем рекламировались советские модели одежды, демонстрировавшиеся на IX Международном конкурсе моды в Букаресте в 1959 году. В 1960-е годы ВИАлепром выпускает журнал «Модельная социализма» для широкого пользования тиражом 200 экземпляров брошюры «Мода за рубежом», составленную Л. Мухомовой и И. Андреевой, в которой кратко излагались основные европейские тенденции моды и прилагались фотографии, перепечатанные из журналов. В Общесоюзном доме моделей также для служебного пользования составлялись сборы французских журналов мод с описанием основных модных тенденций [5]. В 1958 году тиражом 110 тыс.

Рис. 1

подложке печатных публикаций (цвет символов текста — черный, цвет подложки (фона) — белый, светло-пурпурный (розовый), оранжевый, зеленый, желтый).

Для выполнения исследования были подготовлены тестовые образцы регулярной страницы публикации, содержащей основной текст и заголовок (цвет символов шрифта — черный, рис. 1). Набор выполнялся с использованием шрифтов гарнитуры Франклин Готик (Franklin Gothic) различных начертаний и кеглей. Выбор указанной гарнитуры был осуществлен ввиду того, что она содержит значительное количество начертаний.

Образцы содержат текст на общую тему, специальные символы и выделения не используются (сплошной текст). Формат полосы набора 165×240 мм. Текст набирают в программе Adobe InDesign с выключкой влево, с программным делением на строки, без переносов в словах, без членения на абзацы. Всё это обеспечивает однородность межсимвольных и межсловных пробелов, а также однородность заполнения полосы набора текстом.

Кегль шрифта тестовых образцов основного текста — 10 пт, а образцов текстов заголовков — 12 и 16 пт, интерлиньяж «по умолчанию» (120 % от кегля), трекинг — нормальный. Начертания шрифтов указаны в табл. 1.

Всего было сформировано восемь вариантов тестовых образцов регулярной страницы с различными сочетаниями параметров набора основного текста и заголовков (табл. 1).

Поскольку предполагалось насыщенность текстового набора определять программно-инструментальным методом с использованием программы для обработки изображений Adobe Photoshop [3] (что требует выделения на странице текста произволь-

## ПРОГРАММНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАСЫЩЕННОСТИ ТЕКСТОВОГО НАБОРА ПУБЛИКАЦИЙ 12

**В ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ РАСТЕТ ИНТЕРЕС ИСТОРИКОВ К СОВЕТСКОМУ ОБРАЗУ ЖИЗНИ, СОСТАВНОЙ ЧАСТЬЮ КОТОРОГО ЯВЛЯЛСЯ КОСТЮМ. МОДА И СОЦИАЛИЗМ, НА ПЕРВЫЙ ВЗГЛЯД, СОВЕРШЕННО НЕСОВМЕСТИМЫЕ ПОНЯТИЯ. С САМОГО НАЧАЛА ОТНОШЕНИЯ СОЦИАЛИЗМА К МОДЕ ОТЛИЧАЛИСЬ ВРАЖДЕБНОСТЬЮ, СЧИТАЯ ЕЕ «ЭСТЕТИЧЕСКОМ ПЕРЕЖИТОК» ПРОШЛОГО. НАИЛУЧШЕЙ ОДЕЖДОЙ ДЛЯ НОВОГО ЧЕЛОВЕКА СЧИТАЛАСЬ УТИЛИТАРНАЯ, ЛИШЕННАЯ БЕСПОЛЕЗНЫХ УКРАШЕНИЙ СПЕЦОДЕЖДА. В СЕРЕДИНЕ 1930-Х ГОДОВ БЫЛ СФОРМИРОВАН ИНОЙ ПОДХОД К МОДЕ С ВОЗВРАЩЕНИЕМ К НЕКОТОРЫМ СИМВОЛАМ ТРАДИЦИОННОЙ МОДЫ. ЦЕЛЬ — СОЗДАНИЕ ОСОБОГО, ЕДИНОГО ДЛЯ ВСЕХ СОВЕТСКОГО СТИЛЯ В ОДЕЖДЕ С ЕГО ОСНОВНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ: СКРОМНОСТЬ, ПРОСТОТА И ЧУВСТВО МЕРЫ. ВСЁ ПРОЦЕСС МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ОДЕЖДЫ БЫЛ ПОДЧИНЕН ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМУ КОНТРОЛЮ. ФУНКЦИЯ ТРАНСЛЯЦИИ ОДОБРОЕННОГО СТИЛЯ В ОДЕЖДЕ БЫЛА ВОЗЛОЖЕНА НА СРЕДСТВА МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ И КИНЕМАТОГРАФ. СМЕНА ИДЕОЛОГИЧЕСКИХ ВЕХ ПРОИЗОШЛА С УТВЕРЖДЕНИЕМ У ВЛАСТИ Н. С. ХРУЩЕВА. ПОЛИТИКА ОТКРЫТОСТИ СПОСОБСТВОВАЛА СМЯГЧЕНИЮ ОФИЦИАЛЬНОГО ОТНОШЕНИЯ К ЗАПАДНОЙ МОДЕ, ПРОНИКНОВЕНИЮ ЗАПАДНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ МОДЫ С СОВЕТСКИМ СОЮЗОМ. ЭТО СПОСОБСТВОВАЛО ВОЗНИКНОВЕНИЮ НОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В МОДЕ, ОТЛИЧНЫХ ОТ ОБРАЗЦОВ, РЕГЛАМЕНТИРОВАННЫХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ МОДОЙ. В 72 НАСТОЯЩЕЙ СТАТЬЕ ПРЕДЛАГАЕТСЯ РАССМОТРЕТЬ МЕХАНИЗМЫ ТРАНСЛЯЦИИ МОДЫ В СССР В ПЕРИОД «ОТТЕПЕЛИ», КОГДА ПРОИСХОДИТ ВСТРЕЧА СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ И ЗАПАДНОЙ МОДЫ И ОКОНЧАТЕЛЬНО ФОРМИРУЕТСЯ «СОВЕТСКИЙ СТИЛЬ» В ОДЕЖДЕ. ПРИЗНАВ ВОЗМОЖНОСТЬ СУЩЕСТВОВАНИЯ**

Рис. 2

ных прямоугольных областей площадью не менее 100 000 пикселей), дополнительно были изготовлены тестовые образцы текстов, набранных заголовочными шрифтами с теми же параметрами, что и заголовки регулярной страницы публикации (рис. 2).

Тестовые образцы печатных публикаций распечатывались на черно-белом лазерном принтере LaserJet Pro 400 M401dne с параметрами печати по умолчанию на белой бумаге «Снегурочка» (80 г/м<sup>2</sup>) и бумаге Maestro color серии neon (80 г/м<sup>2</sup>) цветов: розового (светло-пурпурного), оранжевого, зеленого и желтого (цветовые параметры указаны в табл. 1).

Насыщенность текстового набора определялась согласно [3, 4], а контраст графического образа регулярной страницы определялся согласно [1]; результаты представлены в табл. 1.

Тестовые образцы текстов электронных публикаций с аналогичными параметрами текстового набора и фоном, соответствующим по цвету подложке печатных публикаций (цвет фона — белый, светло-пурпурный (розовый), оранжевый, зеленый, желтый) изготавливались следующим образом. Использовались файлы текстовых образцов регулярной страницы публикации (рис. 1) и дополнительных образцов текстов, набранных заголовочными шрифтами (рис. 2), тех, что были подготовлены для печатных публикаций. Под тексты подкладывался фон, который по цвету соответствовал цвету подложки (бумаги). Цветовые параметры подкладываемого цветного фона определялись в программе Adobe Photoshop после сканирования тестовых образцов печатных публикаций, выполненных на различных цветных подложках, при определении насыщенности текстового набора (приведены в табл. 1).

Насыщенность текстового набора электронных публикаций определялась согласно [5, 6], а контраст

Таблица 1

**Насыщенность текстового набора и контраст графического образа  
регулярной страницы печатных публикаций, выполненных на цветных подложках,  
и экранных публикаций с цветом фона экрана, соответствующим цвету подложки,  
с различным соотношением насыщенности текстового набора  
основного текста и заголовка**

№	Шрифт основного текста			Шрифт заголовка			Контраст
	кегель, пт	начертание	насыщенность	кегель, пт	начертание	насыщенность	
1	2	3	4	5	6	7	8
белая бумага (здесь и далее координаты цвета $L^* = 94, a^* = 4, b^* = -9$ )/ белый фон (100,0,0)							
1	10	книжное	220,0/ 212,5	12	полужирное <sup>1</sup>	196,9/ 192,3	23,1/ 20,2
2	10	книжное	220,0/ 212,5	12	полужирное (B) <sup>2</sup>	190,5/ 169,5	29,5/ 43,0
3	10	книжное	220,0/ 212,5	16	темное <sup>1</sup>	182,0/ 163,4	38,0/ 49,1
4	10	книжное	220,0/ 212,5	16	темное (B)	174,2/ 146,4	45,8/ 66,1
5	10	среднее	211,6/ 208,5	12	полужирное	196,9/ 192,3	14,7/ 16,2
6	10	среднее	211,6/ 208,5	12	полужирное (B)	190,5/ 169,5	21,1/ 39,0
7	10	среднее	211,6/ 208,5	16	темное	182,0/ 163,4	29,6/ 45,1
8	10	среднее	211,6/ 208,5	16	темное (B)	174,2/ 146,4	37,4/ 62,1
светло-пурпурная (розовая) бумага (87, 53, 12)/ светло-пурпурный (розовый) фон (78, 39, -11)							
1	10	книжное	190,8/ 177,7	12	полужирное <sup>1</sup>	171,8/ 161,8	19,0/ 15,9
2	10	книжное	190,8/ 177,7	12	полужирное (B) <sup>2</sup>	168,5/ 132,3	22,3/ 45,4
3	10	книжное	190,8/ 177,7	16	темное <sup>1</sup>	161,0/ 145,6	29,8/ 32,1
4	10	книжное	190,8/ 177,7	16	темное (B)	158,1/ 124,9	32,7/ 52,8
5	10	среднее	184,9/ 176,5	12	полужирное	171,8/ 161,8	13,1/ 14,7
6	10	среднее	184,9/ 176,5	12	полужирное (B)	168,5/ 132,3	16,4/ 44,2
7	10	среднее	184,9/ 176,5	16	темное	161,0/ 145,6	23,9/ 30,9
8	10	среднее	184,9/ 176,5	16	темное (B)	158,1/ 124,9	26,8/ 51,6
оранжевая бумага (87, 35, 75)/оранжевый фон (79, 19, 81)							
1	10	книжное	173,4/ 152,3	12	полужирное <sup>1</sup>	153,6/ 138,0	17,1/ 14,3
2	10	книжное	173,4/ 152,3	12	полужирное (B) <sup>2</sup>	151,1/ 113,0	22,7/ 39,4
3	10	книжное	173,4/ 152,3	16	темное <sup>1</sup>	148,4/ 124,6	25,0/ 27,7
4	10	книжное	173,4/ 152,3	16	темное (B)	142,0/ 107,2	31,4/ 45,1
5	10	среднее	168,4/ 151,2	12	полужирное	153,6/ 138,0	12,1/ 13,2
6	10	среднее	168,4/ 151,2	12	полужирное (B)	151,1/ 113,0	17,3/ 38,2
7	10	среднее	168,4/ 151,2	16	темное	148,4/ 124,6	20,0/ 26,6
8	10	среднее	168,4/ 151,2	16	темное (B)	142,0/ 107,2	26,4/ 44,0

1	2	3	4	5	6	7	8
зеленая бумага (96, –41, 82) / зеленый фон (95, –26, 46)							
1	10	книжное	189,7/ 172,8	12	полужирное <sup>1</sup>	169,6/ 156,7	20,1/ 16,1
2	10	книжное	189,7/ 172,8	12	полужирное (B) <sup>2</sup>	161,6/ 129,6	28,1/ 43,2
3	10	книжное	189,7/ 172,8	16	темное <sup>1</sup>	158,2/ 141,0	31,6/ 37,8
4	10	книжное	189,7/ 172,8	16	темное (B)	152,3/ 120,9	37,4/ 51,9
5	10	среднее	180,0/ 171,4	12	полужирное	169,6/ 156,7	10,4/ 14,7
6	10	среднее	180,0/ 171,4	12	полужирное (B)	161,6/ 129,6	18,4/ 41,8
7	10	среднее	180,0/ 171,4	16	темное	158,2/ 141,0	21,8/ 30,4
8	10	среднее	180,0/ 171,4	16	темное (B)	152,3/ 120,9	27,7/ 50,5
желтая бумага (96, –24, 91) / желтый фон (97, –12, 65)							
1	10	книжное	202,8/ 185,8	12	полужирное <sup>1</sup>	182,0/ 166,3	20,8/ 19,5
2	10	книжное	202,8/ 185,8	12	полужирное (B) <sup>2</sup>	174,1/ 149,5	28,7/ 36,3
3	10	книжное	202,8/ 185,8	16	темное <sup>1</sup>	170,4/ 140,6	32,4/ 45,2
4	10	книжное	202,8/ 185,8	16	темное (B)	163,1/ 128,1	39,7/ 57,7
5	10	среднее	195,0/ 184,3	12	полужирное	182,0/ 166,3	13,0/ 18,0
6	10	среднее	195,0/ 184,3	12	полужирное (B)	174,1/ 149,5	20,9/ 34,8
7	10	среднее	195,0/ 184,3	16	темное	170,4/ 140,6	24,6/ 43,7
8	10	среднее	195,0/ 184,3	16	темное (B)	163,1/ 128,1	31,9/ 56,2

Примечания.

<sup>1</sup> — если не указано начертание шрифта по пропорциональности, то оно — нормальное.

<sup>2</sup> — кнопка «B» на панели управления параметрами шрифта в прикладных программах.

графического образа регулярной страницы определялся согласно [1]; результаты представлены в табл. 1.

На основании анализа полученных данных можно сделать следующие выводы.

Показатели насыщенности (а именно, показатель уровня яркости, изменяющийся от 0 (самый темный) до 255 усл. ед. (самый светлый)) набора основного текста и заголовка у всех восьми исследованных вариантов печатных публикаций, выполненных на различных цветных подложках, выше, чем у электронных (для основного текста — на 3–21 усл. ед., для текстов заголовков — на 5–38 усл. ед.). Это означает, что тексты печатных публикаций светлее текстов электронных публикаций. Причем чем выше насыщенность используемого шрифта, тем значительнее различия.

Однако контраст печатных публикаций в семи из восьми вариантов ниже, чем контраст электронных, для всех исследованных цветов подложки/фона. Выявленное исключение (первый вариант, табл. 1), очевидно, не является единственным. Допустимо предполагать, что для других вариантов сочетаний начертаний и кеглей шрифтов основного текста и заголовков контраст страницы электронной публикации окажется ниже, чем контраст печатной. Это объясняется характером и особенностями отображения шрифтов на устройствах с низким разрешением,

каковыми являются экраны (что особенно актуально для шрифтов малых кеглей), и используемыми операционной системой алгоритмами отображения (в том числе сглаживания) шрифтов на экране. Таким образом, имеет смысл говорить о том, что контраст печатных публикаций значительно чаще ниже, чем контраст электронных.

Кроме того, установленные различия контраста графического образа регулярной страницы печатных и электронных публикаций можно объяснить внесением искажений в процессе выполнения дополнительных операций — печати и сканирования — при измерении насыщенности текстового набора печатных публикаций [3, 4].

Установленные закономерности справедливы для всех цветов подложки/фона. Однако чем темнее цвет подложки/фона, тем значительнее снижение контраста как печатных, так и электронных публикаций. Это означает, что для повышения контраста следует использовать менее насыщенные начертания шрифтов основного текста и более насыщенные начертания шрифтов заголовков.

#### Библиографический список

1. Сысуюев, И. А. Определение оптимального контраста графического образа страницы печатных и электронных пуб-

ликаций / И. А. Сысуев, О. А. Тимощенко, Ю. С. Григорова // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2013. — № 2 (120). — С. 328–331.

2. Сысуев, И. А. Влияние цвета бумаги на насыщенность текстового набора и контраст графического образа страницы печатных публикаций / И. А. Сысуев, И. В. Пруд, Е. А. Державина, О. Е. Сердюк, В. В. Скитченко // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2015. — № 1 (137). — С. 107–109.

3. Григорова, Ю. С. Программно-инструментальный метод определения насыщенности текстового набора печатных публикаций / Ю. С. Григорова, О. А. Зырянова, И. А. Сысуев, О. А. Тимощенко // Полиграфия: технология, оборудование, материалы : материалы заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием. — Омск : ОмГТУ, 2010. — С. 54–58.

4. Сысуев, И. А. Модернизация программно-инструментального метода оценки насыщенности текстового набора для печатных публикаций, выполненных на цветной подложке / И. А. Сысуев, И. В. Пруд, О. Е. Сердюк, В. В. Скитченко, К. В. Василевич, К. А. Епифанцева, М. Ф. Федорчук // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2015. — № 3 (143). — С. 216–221.

5. Сысуев, И. А. Программно-инструментальный метод определения насыщенности текстового набора электронных публикаций / И. А. Сысуев // Динамика систем, механизмов,

машин : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. — Омск : ОмГТУ, 2009. — С. 327–330.

6. Воробьева, А. С. Насыщенность текстового набора электронных публикаций / А. С. Воробьева, И. А. Сысуев // Полиграфия: технология, оборудование, материалы : материалы заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием. — Омск : ОмГТУ, 2010. — С. 39–45.

**СЫСУЕВ Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Оборудование и технологии полиграфического производства».

**ПРУД Ирина Валерьевна**, магистрант гр. ТПм-141 факультета «Элитное образование и магистратура».

**КОЗИНА Надежда Николаевна**, студентка гр. ТП-141 нефтехимического института.

**ВАСИЛЕВИЧ Ксения Витальевна**,

**СКИТЧЕНКО Виктория Викторовна**,

**СЕРДЮК Ольга Евгеньевна**, студентки гр. ТП-121 нефтехимического института.

Адрес для переписки: sia1960@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.03.2016 г.

© И. А. Сысуев, И. В. Пруд, Н. Н. Козина, К. В. Василевич, В. В. Скитченко, О. Е. Сердюк

УДК 681.513.7:681.3.037.8

**Е. В. ШЕНДАЛЕВА**

Омский государственный  
технический университет

## УСТОЙЧИВОСТЬ ВСЕРЕЖИМНОГО ТОПЛИВНОГО РЕГУЛЯТОРА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ С ГАЗОТУРБИНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ И В ХОДЕ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

В статье рассмотрены вопросы устойчивости всережимного топливного регулятора и газотурбинного двигателя в условиях эксплуатации и вопросы испытания и отладки топливного регулятора на полунатурном моделирующем испытательном стенде. Предложено вычисление фрактальной размерности характеристик газотурбинного двигателя в качестве параметра прогнозирования его устойчивости. Работа может быть использована в производстве топливорегулирующей аппаратуры, насосного оборудования.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, топливорегулирующая аппаратура, всережимный топливный регулятор, модель газотурбинного двигателя, полунатурный моделирующий испытательный стенд.

Одним из основных инструментов обеспечения согласованной работы газотурбинного двигателя (ГТД) и его топливорегулирующей аппаратуры (ТРА) являются полунатурные стендовые испытания всережимных топливных регуляторов или дозаторов топлива. Данные испытания позволяют контролировать статические и динамические характеристики совместной работы ГТД и ТРА.

Полунатурные моделирующие стенды используются для приближения условий испытания ТРА к условиям их эксплуатации, а также для снижения затрат на совместные испытания ТРА и ГТД. В ходе

испытаний осуществляется отладка всережимных топливных регуляторов или дозаторов топлива.

На рис. 1 представлена структурная схема полунатурного испытательного стенда для испытания всережимного топливного регулятора или дозатора топлива (гидромеханической части системы автоматического управления — ГМЧ САУ) [1]. Стенд содержит модель ГТД по контурам регулирования частоты вращения и давления за компрессором, реализованную программно, и преобразователи электрических сигналов с выхода модели ГТД в физические величины, передаваемые в топливный регулятор.

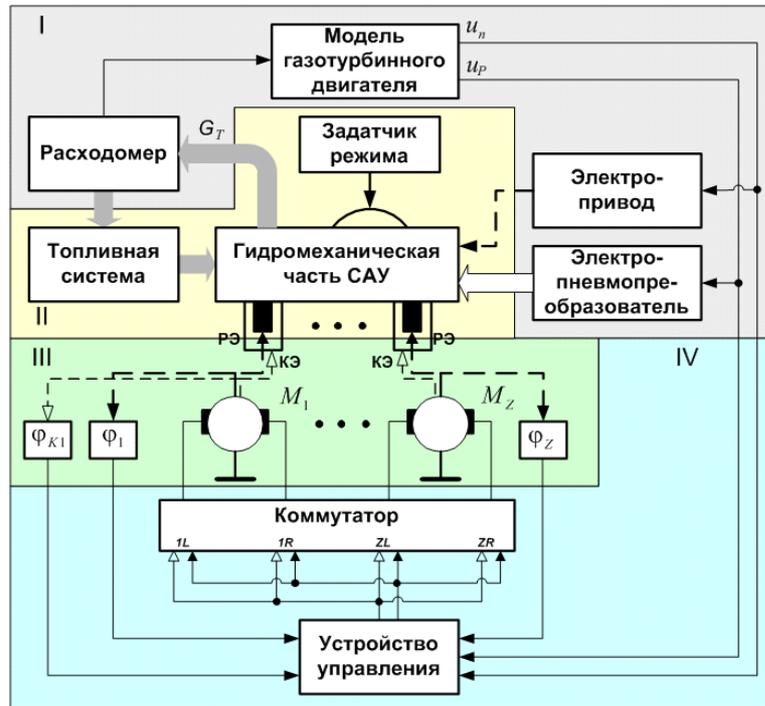


Рис. 1. Полунатурный стенд для испытания ТРА ГТД

I — полунатурная модель ГТД; II — гидромеханическая часть САУ, подключенная к топливной системе; III — исполнительные механизмы, выполняющие перемещение регулировочных и контртящих элементов; IV — система управления исполнительными механизмами.

PЭ — регулировочный элемент, KЭ — контртящий элемент,  $M_1$ – $M_z$  — двигатели постоянного тока,

$\Phi_1$ – $\Phi_z$  — датчики угла поворота регулировочных элементов,

$\Phi_{1к}$ – $\Phi_{zк}$  — датчики угла поворота контртящих элементов,

$u_n, u_p$  — сигналы по частоте вращения рессоры топливного регулятора и давлению воздуха за турбокомпрессором,  $G_t$  — расход топлива

В соответствии с заданным режимом топливный регулятор дозирует топливо, сливаемое затем в закольцованную топливную систему. Сигнал измеренного расхода топлива передается в модель ГТД.

Отладка топливного регулятора осуществляется путем изменения положения регулировочных элементов. Фиксация положения регулировочных элементов выполняется с помощью контртящих элементов. Отладка топливного регулятора выполняется как вручную, так и в автоматическом режиме с использованием механизмов перемещения регулировочных и контртящих элементов. При этом в качестве последовательности выполняемых операций могут быть использованы типовые операции регулировки и контроля качества, регулировка на основе регрессионной модели, эталонной либо оптимизированной модели топливного регулятора [2, 3].

В качестве моделей контуров регулирования ГТД используют детерминированные линейные или нелинейные модели [4, 5].

В силу разного конструктивного состава контуров регулирования реального ГТД и контуров регулирования, реализованных на полунатурном моделирующем испытательном стенде, их динамические характеристики значительно отличаются. Для сближения условий испытаний и эксплуатации ТРА в модель ГТД дополнительно вводят стохастические составляющие (например, белый, розовый, коричневый шум), что, однако, не обеспечивает идентичность динамических характеристик реального и моделируемого контура регулирования ГТД.

В ходе многократного измерения значений параметров ГТД в одних и тех же условиях практически не удается получать совпадающие или достаточно

близкие значения измеряемых величин, что связано с присутствием в каждом параметре вибрационных составляющих. При этом на уровень вибрации влияет широкий набор внешних и внутренних возмущающих факторов, учесть которые при выполнении измерений невозможно. Эти факторы имеют, в основном, механическое и газодинамическое происхождение. К числу таких факторов относятся нелинейные характеристики самих ГТД, разбалансировка роторов на рабочих режимах, нестационарные тепловые поля в деталях и узлах двигателя, нелинейные эффекты, например, в контактных взаимодействиях отдельных деталей. Спектр вибрации ГТД имеет аэродинамическое, акустическое, механическое происхождение и определяется частотами вибрации: роторов, агрегатов, шумом, возбуждаемым зубчатыми соединениями и подшипниками. Спектр вибрации имеет, как правило, комбинированную структуру и представляет собой сумму широкополосного вибрационного шума (фона) и линейчатого спектра, состоящего из ряда дискретных гармонических составляющих.

На рис. 2 приведены фрагменты эксплуатационных характеристик ГТД [6]. Временные отметки составляют одну секунду. Можно отметить, что характеристики ГТД на эксплуатационных режимах содержат стохастические колебания с нестабильной амплитудой, фазой и частотой. На рис. 3 дополнительно приведены характеристики регулятора скважности электронной системы управления ЭСУ, содержащие как импульсный сигнал с постоянной тактовой частотой, так и стохастическую составляющую. Включение ЭСУ и изменение режима работы позволило снизить уровень вибраций параметров

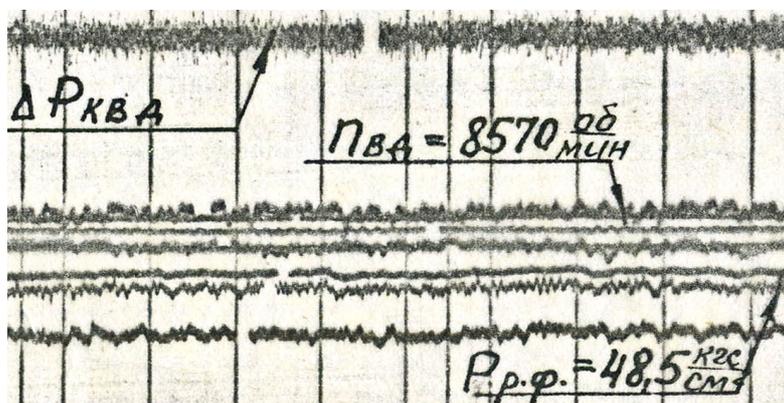


Рис. 2. Характеристики ГТД

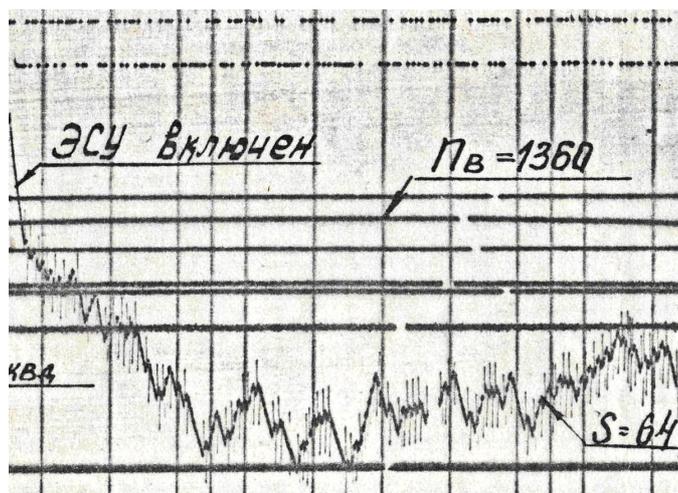


Рис. 3. Характеристики ГТД с подключением электронного регулятора (ЭСУ)

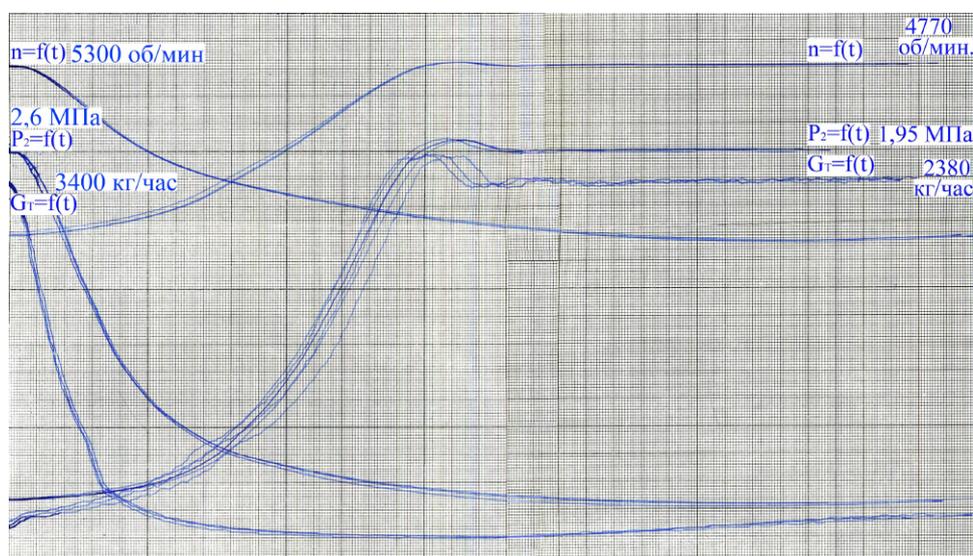


Рис. 4. Характеристики приёмности и сброса, полученные на полунатурном испытательном стенде

ГТД. То есть устойчивая совместная работа агрегатов и ГТД зависит от управляющей информации, поступающей из ЭСУ.

Уровень вибрации по расходу топлива  $G_T$  определяется принципом действия и особенностями конструкции насосов и топливного регулятора. В качестве агрегатов топливной системы чаще всего ис-

пользуют плунжерные, центробежные и шестеренные насосы. Для них характерно возникновение вибрации гидродинамического происхождения. Это заметно при испытании всережимного топливного регулятора на полунатурном испытательном стенде (рис. 4), где вибрации есть только на характеристиках расхода топлива  $G_T$ .

При рассмотрении устойчивости совместной работы ТРА и ГТД естественно использовать методы исследования устойчивости, используемые в теории автоматического управления линейных и нелинейных систем, например, характеристики поведения системы в фазовом пространстве. Фазовые траектории линейных систем при изменении фазовых переменных стремятся либо к устойчивому фокусу (система устойчива), либо представляют собой замкнутую кривую (система находится на границе устойчивости).

Для сложной нелинейной системы, такой как ГТД, существует множество динамических состояний, к которым он стремится с течением времени. Эти состояния получили название аттракторов (притягивающих множеств). Теория бифуркаций [7] рассматривает три типа аттракторов: устойчивый фокус (аттрактор-точка), устойчивый предельный цикл (аттрактор-линия) и хаотический аттрактор. Согласно такому представлению, в отличие от систем без аттракторов системы с аттракторами являются диссипативными. При этом аттрактор-точка характеризует стационарное состояние системы. Устойчивый предельный цикл сообщает о периодическом движении, возвращающем систему к исходному состоянию. Аттракторы-точки и аттракторы-линии называют классическими аттракторами.

Поведение системы, соответствующей предельному циклу, имеет характерную специфику — малые возмущения не разрушают ее стационарного движения (рис. 2, 3), то есть система в этом случае не способна к самоусложнению и самовозрастанию неэнтропийности. В ряде систем устойчивый фокус и устойчивый предельный цикл могут существовать одновременно, отделенные друг от друга неустойчивым предельным циклом. Нарастание нелинейности в системе за пределы некоторого критического значения приводит систему к бифуркации — на смену макроскопической согласованности приходит несогласованность случайных флуктуаций, приводящая к потере устойчивости системы.

Для аттракторов, представленных в виде точек и линий, можно построить примеры отображений, для которых аттрактор будет гладкой поверхностью любой наперед заданной размерности, например,  $k$ -мерной сферой. Однако в качестве аттракторов могут выступать и совсем сложные множества. Существуют так называемые *странные* аттракторы, не являющиеся поверхностями никакой размерности (в том числе нулевой и первой) и устроенные «рваным», негладким образом.

В общем случае странный аттрактор возникает вследствие бифуркации из предельного цикла. Сам он представляет собой притягивающее множество траекторий, среди которых все (или почти все) являются неустойчивыми. Устойчивость систем со странными аттракторами часто возникает из неустойчивости, внутренне присущей устройствам, перерабатывающим входную информацию.

Процессы изменения состояний при движении системы в странном аттракторе выглядят обычно нерегулярными хаотическими флуктуациями в ограниченном диапазоне. Такую динамику называют режимом *детерминированного или динамического хаоса*. Состояния системы в таком режиме не могут повторяться, так как сразу же возникнет периодичность и предсказуемость. Это порождает чувствительность к точности задания начальных условий и принципиально ограничивает прогноз поведения системы. С учетом сказанного можно сформули-

ровать необходимые условия существования детерминированного хаоса:

— зависимость динамических свойств от состояния, то есть от текущего положения в фазовом пространстве;

— диссипативность динамической системы, иначе говоря потери энергии в ней.

Таким образом, хаотические притягивающие множества диссипативных систем имеют фрактальные свойства, и фрактал связан с хаосом как результат с процессом. Природные фракталы получаются в итоге некоторого итеративного развития, генезиса в неравновесных диссипативных средах. Это эффекты самоорганизации. Но и сам динамический хаос, как процесс, может иметь фрактальное происхождение.

Масштабная инвариантность (самоподобие) фрактала не позволяет нам его измерить и локализовать в фазовом пространстве, то есть динамика дальнейшего движения системы может оказаться любой из принципиально возможных. Поэтому структура фрактала может быть следствием и причиной сложного хаотического поведения.

Газотурбинный двигатель как диссипативная система может быть описан нелинейными дифференциальными уравнениями первого [4, 5] (второго) порядка в пространстве состояний (пространстве функционирования). Наличие условий существования детерминированного хаоса в поведении ГТД приводит к необходимости прогнозирования этого состояния. Прогнозирование поведения сложной технической системы, какой является ГТД, — это трудновыполнимая задача из-за большого объема информации, циркулирующей в ней, множества случайных факторов и сложности описания функционирования из-за нелинейности и локальной неустойчивости динамики.

Для выявления локальных особенностей временных рядов измеренных параметров, необходимых для определения предвестников аварий и катастроф, одновременно в частотной и временной области может быть использован вейвлет-анализ. Для оценки размерности конфигурационного пространства и регулярности временных рядов используют теорию фракталов [8].

Отличительным свойством фрактала является наличие у него дробной размерности. Для определения хаусдорфовой размерности  $D_f$  некоторого множества, занимающего область объемом  $L^{D_f}$  в  $D$ -мерном пространстве, это множество покрывают кубами с объемом  $\varepsilon^{D_f}$ . Минимальным числом непустых кубов, покрывающих множество, является  $M(\varepsilon) = L^{D_f}(1/\varepsilon)^{D_f}$ , откуда

$$D_f = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln M(\varepsilon)}{\ln(1/\varepsilon)}. \quad (1)$$

Хаусдорфова размерность  $D_f$  может быть использована для регулярных самоподобных фракталов. По величине размерности судят о фрактальных свойствах объекта, то есть об его устойчивости. В случае, если фрактальные объекты неоднородны и не обладают самоподобием, для их описания недостаточно фрактальной размерности  $D_f$ , а необходим целый спектр таких размерностей, так как в этом случае фрактал наряду с геометрическими характеристиками обладает статистическими свойствами. В этом случае фрактальный объект занимает ограниченную область  $J$ , характеризующуюся размером  $L$  в евклидовом пространстве размерностью  $D$ . Область  $J$  раз-

бывают на ячейки со стороны  $l \ll L$ , охватывающие  $\varepsilon^D$  единиц рассматриваемого пространства. Тогда  $N_i(\varepsilon)$  представляет собой количество точек с индексом занятых ячеек  $i$ ,  $N(\varepsilon)$  — суммарное количество занятых ячеек,  $K$  — множество точек, принадлежащее данному фракталу. В этом случае вероятность того, что наугад взятая точка из множества  $K$  находится в ячейке  $i$ , равна

$$p_i = \lim_{K \rightarrow \infty} \frac{N_i(\varepsilon)}{K}, \quad \sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} p_i(\varepsilon) = 1. \quad (2)$$

Обобщенная статистическая сумма  $Z(q, \varepsilon)$  характеризуется показателем степени  $-\infty < q < \infty$

$$Z(q, \varepsilon) = \sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} p_i^q(\varepsilon). \quad (3)$$

Спектром обобщенных фрактальных размерностей Реньи  $D_q$ , характеризующих распределение точек в области  $J$ , называется совокупность величин

$$D_q = \frac{\tau(q)}{q-1}, \quad \text{где } \tau(q) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(q, \varepsilon)}{\ln(\varepsilon)}. \quad (4)$$

Если  $D_q = D_f = \text{const}$ , то есть не зависит от  $q$ , то множество точек представляет собой регулярный фрактал, который характеризуется всего лишь одной величиной — фрактальной размерностью  $D_f$ . Если же функция  $D_q$  зависит от  $q$ , то рассматриваемое множество является мультифракталом. Таким образом, мультифрактал характеризуется некоторой нелинейной функцией  $\tau(q)$ , определяющей поведение статистической суммы  $Z(q, \varepsilon)$  при  $\varepsilon \rightarrow 0$

$$Z(q, \varepsilon) = \sum_{i=0}^{N(\varepsilon)} p_i^q(\varepsilon) \approx \varepsilon^{\tau(q)}. \quad (5)$$

В рассмотренных характеристиках (рис. 2, 3) наблюдаются стохастические сигналы с переменной амплитудой, фазой и периодом, но не наблюдается признаков самоподобия, поэтому они могут быть описаны как мультифракталы, по фрактальной размерности которых можно сделать прогноз об устойчивости работы ГТД.

#### Выводы.

1. Отладка и контроль ТРА ГТД на полунатурном моделирующем испытательном стенде может обеспечить соответствие статических и динамических характеристик ТРА заданным техническим условиям в условиях, всего лишь приближенных к реальным условиям эксплуатации.

## Книжная полка

Мозговой, И. В. Фрикционно-ультразвуковая сварка полиамида : моногр. / И. В. Мозговой, В. Е. Ощепков. — Омск : Изд-во ОмГТУ, 2015. — 209 с.

Рассмотрены вопросы теории, технологии и оборудования для сварки изделий из полиамида с использованием энергии силового ультразвука в сочетании с пластификацией соединяемых поверхностей пластмассы путем трения. Раскрыт механизм фрикционно-ультразвуковой сварки полиамидных полимерных материалов и разработаны теоретические положения процесса, что позволило создать промышленные технологии и оборудование. Адресована специалистам, исследователям, аспирантам и студентам, занимающимся вопросами сварки изделий из пластмасс.

2. Заданные запасы устойчивости режимов совместной работы ТРА и ГТД не могут быть обеспечены в связи с наличием динамического хаоса.

3. Для обеспечения гарантированного запаса устойчивости необходимо построить модель ГТД, учитывающую фрактальные особенности его функционирования.

#### Библиографический список

1. А. с. 1466456 СССР, МКИ<sup>4</sup> G 01M 15/00. Устройство для измерения и задания перемещений исполнительных органов топливорегулирующей аппаратуры / Е. В. Шендалева (СССР). — № 4209580/25—06 ; заявл. 16.03.87.
2. Шендалева, Е. В. Технология регулировки топливной аппаратуры систем автоматического управления газотурбинных двигателей с использованием моделирующих стендов / Е. В. Шендалева, В. В. Жильцов, В. Ю. Тэттер // Сборка в машиностроении, приборостроении. — 2005. — № 7. — С. 15—21.
3. Шендалева, Е. В. Разработка и исследование многоцелевого моделирующего стенда для систем автоматического управления малоразмерных газотурбинных двигателей : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е. В. Шендалева. — Омск : Изд-во ОмГТУ, 2002. — 21 с.
4. Шендалева, Е. В. Модели газотурбинных двигателей в пространстве состояний: динамический аспект / Е. В. Шендалева // Вестник СибАДИ. — 2012. — Вып. 5 (27). — С. 106—111.
5. Шендалева, Е. В. Динамические модели дизельных двигателей: пространство состояний / Е. В. Шендалева // Вестник Сибирского отделения Академии военных наук. Производство, модернизация, эксплуатация многоцелевых гусеничных и колесных машин. Подготовка специалистов : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. — Омск, 2011. — № 10. — С. 389—393.
6. Создание методики и автоматизированной системы вибродиагностики авиационных ГТД и их внедрение : отчет о НИР (заключ.) : науч.-произв. станкоинструментальное объединение «Армастанок» : рук. раб. Авакян В. А. — Ереван, 1986. — 134 с. — Инв. № 0286.0083547.
7. Гукенхеймер, Дж. Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркация векторных полей / Дж. Гукенхеймер, Ф. Холмс. — М., Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2002. — 560 с.
8. Шелухин, О. И. Мультифракталы: Инфокоммуникационные приложения / О. И. Шелухин. — М. : Горячая линия-Телеком, 2011. — 576 с.

**ШЕНДАЛЕВА Елена Владимировна**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Нефтегазовое дело».

Адрес для переписки: ShendalevaEV@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 14.03.2016 г.

© Е. В. Шендалева

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ

**В статье рассмотрены сплавы на основе интерметаллидов, классификация, свойства, области использования. Приведены результаты опытов (шероховатость поверхности, износ пластин). Полученные результаты могут быть использованы при подборе инструмента для обработки сплавов на основе интерметаллидов.**

**Ключевые слова:** интерметаллид, дальтони́ды, бертоллиды, фазы Курнакова, алюминид титана, алюминид никеля.

Сплавы на основе интерметаллидов — новый класс материалов (на основе химических соединений металлов), которые по своей структуре занимают промежуточное положение между металлами и керамикой. Они имеют сложную кристаллическую структуру с наличием в межатомных связях до 30 % ковалентной составляющей, что и определяет их уникальные физико-механические свойства (высокая жаропрочность, низкая плотность, низкая возгораемость в кислороде, высокая износостойкость).

Интерметаллидными соединениями, или интерметаллидами называют соединения металлов между собой, причем к компонентам интерметаллидов относят также и ковалентные кремний и германий.

Общая классификация интерметаллидов включает в себя дальтони́ды, бертоллиды и фазы Курнакова.

Свойства интерметаллидов [1]:

- высокая прочность, которая не деградирует с возрастанием температуры;
- аномальная зависимость предела текучести;
- низкая плотность интерметаллидов, что приводит к высокому отношению прочность/плотность;
- высокие упругие модули;
- высокая стойкость к окислению.

Использование интерметаллидов и сплавов на их основе в качестве конструкционных материалов тормозится по следующим причинам [2]:

- свойственная интерметаллидам хрупкость, особенно при комнатной температуре;
- недостаточное в некоторых случаях сопротивление окислению;
- недостаточная надежность методов проектирования и предсказания продолжительности эксплуатации изделий из интерметаллидов;

— отсутствие поставщиков качественной продукции с интерметаллидами;

— высокая стоимость изделий.

Области использования интерметаллидов и сплавов на их основе чрезвычайно широкие из-за большого разнообразия их свойств.

Жаропрочные алюминиды и сплавы на их основе представляют значительный интерес для авиационной и аэрокосмической техники вследствие высокой стабильности, жаропрочности и жаростойкости.

Сплавы на основе алюминидов никеля могут быть использованы в качестве конструкционных литейных материалов для изготовления деталей машин, работающих длительное время при повышенных температурах в окислительных средах, причем для обеспечения их работоспособности в этих условиях не требуется специальной защиты. Использование этих сплавов в промышленности позволит существенно повысить срок службы и эксплуатационную надежность деталей, уменьшить их вес.

Интерметаллидные соединения и сплавы на их основе являются перспективными конструкционными материалами для работы при высоких температурах.

Сплавы с эффектом памяти формы используются в тех случаях, когда конструкцию или элемент сложно или вовсе невозможно изготовить стандартными способами.

Кроме указанных, существует много различных других областей использования сплавов: биологические имплантаты, новые материалы в стоматологии, пружины различного назначения, тепловые двигатели, манипуляторы и др. Без сомнения, области использования сплавов будут непрерывно расширяться.

Таблица 1

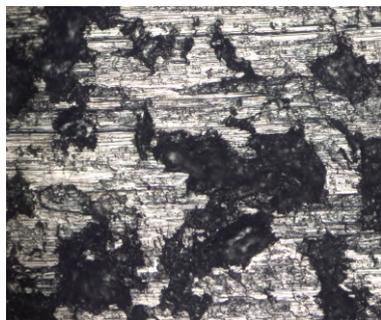
Результаты замера твердости NiAl

Материал	1-й замер (HRC)	2-й замер (HRC)	3-й замер (HRC)	4-й замер (HRC)	5-й замер (HRC)	Среднее значение (HRC)
NiAl	44,1	45,3	43,3	43,8	44,5	44,2

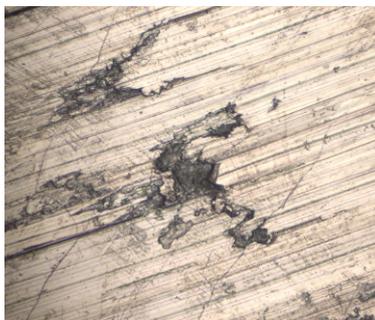
Таблица 2

## Шероховатость поверхности после обработки

Твердосплавная пластина CNMG 120408	Пластина с кубическим нитридом бора CNGA 120412	Пластина с алмазом CNGA 120408	Пластина с кубическим нитридом бора NP-CNGA 120408
3,395	2,163	4,332	4,264
3,469	2,482	4,569	3,363
4,281	2,882	5,015	8,276
6,368	3,475	5,126	5,989
3,244	3,276	5,410	2,710
Ra = 4,151 мкм	Ra = 2,856 мкм	Ra = 4,890 мкм	Ra = 4,920 мкм
Износ h =			
0,05...0,08 мм	0...0,02 мм	0,1...0,15 мм	Полный (1...1,5 мм)



x10

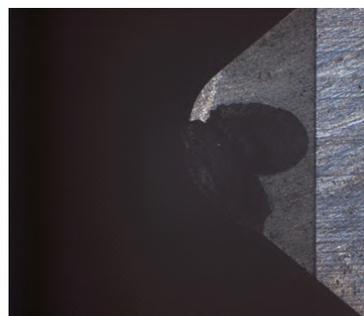
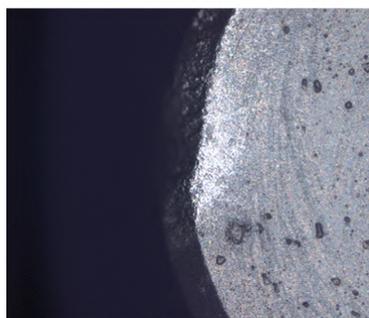


x20



x50

Рис. 1. Поверхность интерметаллида

Твердосплавная пластина CNMG  
120408Пластина с кубическим нитридом  
бора CNGA 120412, x2,5

Пластина с алмазом CNGA 120408

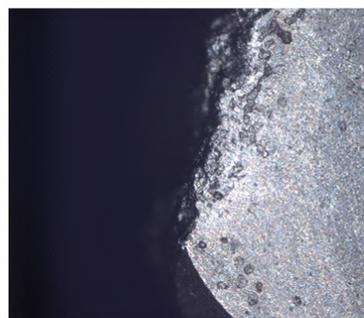
Пластина с кубическим нитридом  
бора NP-CNGA 120408

Рис. 2. Состояние режущих кромок после обработки, x10

Для разработки жаропрочных конструкционных материалов на основе интерметаллидных соединений наибольший интерес представляют системы на основе никеля и титана. В частности, алюминиды титана и никеля обладают высокой прочностью, твердостью и коррозионной стойкостью при нормальной и повышенной температурах.

Алюминиды титана Ti<sub>3</sub>Al и TiAl привлекают большое внимание благодаря тому, что они за счет своей низкой плотности позволяют добиваться значительного снижения массы деталей.

Интерметаллид NiAl более хрупкий, чем Ni<sub>3</sub>Al. Хрупкость NiAl — его естественное свойство, самым тщательным очищением не удастся перевести его в пластическое состояние.

Сплавы на основе алюминидов титана и никеля приводят к существенному повышению уровня рабочих температур до 900 и 1000 °С соответственно, при этом сохраняя высокие показатели прочности и жесткости, а также сопротивление окислению [3, 4].

В настоящей работе для исследования процесса обработки интерметаллида на основе NiAl, использовались режущие следующие пластины:

- 1) твердосплавная пластина CNMG 120408 (твердый микрзернистый сплав, Ti—Al—Si—N покрытие — наноламинат);
- 2) пластина с кубическим нитридом бора CNGA 120412;
- 3) пластина с алмазом CNGA 120408;
- 4) пластина с кубическим нитридом бора NP-CNGA 120408.

Были проведены измерения твердости интерметаллида. Измерения проводились с помощью портативного твердомера ТЭМП-4 Технотест-М (предназначен для экспрессного измерения твердости различных изделий (из стали, чугуна, цветных металлов, резины и др. материалов)) в производственных и лабораторных условиях по шкалам Бринелля (HB), Роквелла (HRC), Виккерса (HV), Шора «D» (HSD) (табл. 1).

В результате проведенных испытаний были получены следующие значения шероховатости обрабатываемой поверхности (табл. 2).

Шероховатость поверхности измерялась мобильным профилометром MarSurf PS1 (прибор для прецизионного и нормированного измерения шероховатости и регистрации результатов контактным методом, со встроенным калибровочным эталоном).

В результате опытов получили поверхность интерметаллида (рис. 1) износ кромки на пластинах (рис. 2).

В настоящее время проводятся работы по освоению разработанных интерметаллидных титановых сплавов на базе промышленных предприятий и их внедрению в перспективные изделия. Одновременно с этим продолжают работы по дальнейшему совершенствованию композиций сплавов и технологий их металлургического производства в соответствии со

стратегическими направлениями развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года [5–7]. Требования, предъявляемые конструкторами к материалам для модернизируемых и новых изделий авиационной техники, ставят перед разработчиками материалов все новые задачи.

#### Библиографический список

1. Интерметаллические соединения : сб. ст. / Под ред. И. И. Корнилова ; пер. с англ. В. А. Брыксина [и др.]. — М. : Металлургия, 1970. — 440 с.
2. Материаловедение : учеб. для высш. техн. учеб. заведений / Б. Н. Арзамасов [и др.] ; под общ. ред. Б. Н. Арзамасова. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Машиностроение, 1986. — 384 с.
3. Иноземцев, А. А. Титановые сплавы в изделиях разработки ОАО «Авиадвигатель» / А. А. Иноземцев, И. Г. Башкатов, А. С. Коряковцев // Современные титановые сплавы и проблемы их развития : сб. — М., 2010. — С. 43–46.
4. Ильин, А. А. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства : справ. / А. А. Ильин, Б. А. Колачев, И. С. Польшкин. — М. : ВИЛС-МАТИ, 2009. — 520 с.
5. Каблов, Е. Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года / Е. Н. Каблов // Авиационные материалы и технологии : юбилейн. науч.-техн. сб. — М., 2012. — С. 1–7. — (Прил. к журн. «Авиационные материалы и технологии»).
6. Каблов, Е. Н. ВИАМ. Направление главного удара / Е. Н. Каблов // Наука и жизнь. — 2012. — № 6. — С. 14–18.
7. Антипов, В. В. Стратегия развития титановых, магниевых, бериллиевых и алюминиевых сплавов / В. В. Антипов // Авиационные материалы и технологии : юбилейн. науч.-техн. сб. — М., 2012. — С. 157–166. — (Прил. к журн. «Авиационные материалы и технологии»).

**АРТЕМЕНКО Никита Сергеевич**, аспирант, инженер кафедры «Металлорежущие станки и инструменты». Адрес для переписки: dickydick89@mail.ru

**РЕЧЕНКО Денис Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты».

Адрес для переписки: rechenko-denis@mail.ru

**ТИТОВ Юрий Владимирович**, аспирант, ассистент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты». Адрес для переписки: tyurin-88@mail.ru

**КРИВОНОС Евгений Викторович**, аспирант, ассистент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты».

Адрес для переписки: evgenii.krivonos@mail.ru

**ДЕЙЛОВА Александра Витальевна**, магистрант гр. КТОМ-152 факультета элитного образования и магистратуры, ассистент кафедры «Технология машиностроения».

Адрес для переписки: adeilova@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.03.2016 г.

© Н. С. Артеменко, Д. С. Реченко, Ю. В. Титов, Е. В. Кривонос, А. В. Дейлова

## Книжная полка

**Коршак, А. А. Нефтеперекачивающие станции : учеб. пособие для студентов образоват. организаций высш. образования по направлению подготовки бакалавриата «Нефтегазовое дело» / А. А. Коршак. — Ростов н/Д. : Феникс, 2015. — 269 с.**

Изложены основные сведения об оборудовании нефтеперекачивающих станций. Книга рассчитана на широкий круг читателей: студентов высших и средних специальных учебных заведений, работников нефтяной и газовой промышленности, а также всех, кто интересуется нефтегазовым делом.

## РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПОДГОТОВКА АВТОРСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ВЫПУСКА НАУЧНОГО ЖУРНАЛА

Рассмотрен процесс редакционно-издательской подготовки поступивших в редакцию научных статей и его влияние на последующие этапы выпуска научного журнала.

**Ключевые слова:** редакционно-издательская подготовка, научная статья, авторские материалы, технологический процесс выпуска научного журнала.

Целью выпуска научного журнала являются публикация и распространение информации о результатах выполненных научных исследований и разработок ученых, специалистов, докторантов, аспирантов и соискателей в областях научной, производственно-технологической, гуманитарной и образовательной деятельности.

Издание научного журнала — сложный и трудоемкий процесс. Большинство научных журналов в настоящее время выпускаются по методу оригинал-макета. Тиражирование номера производится с подготовленного в соответствии с существующими и установленными редакцией типографическими требованиями и распечатанного на лазерном принтере макета, каждая страница которого выглядит уже так, как и будет воспроизведенной в готовом экземпляре журнала.

Другой важной особенностью издания научных журналов является то, что авторские материалы представляются обязательно в электронной (это, в первую очередь, важно для иногородних авторов) и печатной версиях. Предоставление электронной версии возможно путем пересылки по электронной почте, в режиме прямой связи на сайте издателя, путем непосредственной передачи файла в редакции журнала. Печатная версия предоставляется почтовым отправлением либо непосредственной передачей в редакции.

Любая печатная продукция проходит четыре основных этапа изготовления:

- редакционно-издательская подготовка [1];
- допечатная подготовка, выполняемая техническими специалистами и включающая большое количество операций, среди которых следует выделить наиболее значимые: типографическое редактирование формул и таблиц, форматные преобразования иллюстраций, верстку, вставку специальных символов и символов других алфавитов в текстовый поток основного текста, юстировку колонок (полосы набора), а также корректуру и сверку, которые относятся к редакционно-издательской подготовке и выполняются сотрудниками редакции журнала [2–4];
- печать тиража;
- послепечатная обработка и отделка.

Отдельным вопросом является распространение готовых номеров журнала. Здесь возможны варианты: получение номера в редакции, адресная рассылка, подписка через отделения Федеральной почтовой связи России.

Редакционно-издательская подготовка поступивших авторских материалов заключается в доработке, во-первых, согласно содержательным, структурным и оформительским требованиям редакции журнала; во-вторых, согласно требованиям печатного производства (тиражирования или репродуцирования подготавливаемого оригинал-макета). Кроме того, выполняется проверка относительно устранения причин, способных оказать влияние на качество представления научного материала в печатной и электронной версиях журнала.

Здесь следует отметить, что от качества редакционно-издательской подготовки и обработки поступивших в редакцию научных статей напрямую зависит трудоемкость таких процессов допечатной подготовки, как типографическое оформление основного текста, таблиц и формул, верстка полос, воспроизведение иллюстраций.

На восприятие содержания научных материалов статьи влияют не только правильные формулировки рассматриваемых положений и соответствие обязательным для научных публикаций требованиям, но и ее (статьи) оформление [5, 6].

Работа редакции с рукописями начинается с проверки всех поступивших статей на соответствие представленным в журнале отраслям науки и научным специальностям.

Следующий этап — проверка поступивших материалов на соответствие нижеследующим структурным и оформительским требованиям.

1. Наличие комплектности авторских материалов в соответствии с требованиями редакции (текст статьи, заверенные рецензии специалистов с ученой степенью, экспертное заключение о возможности открытого опубликования).

2. Наличие классификационного индекса (УДК) с максимальным отражением предмета разработки и исследования. При необходимости — уточнение и расширение рубрик УДК.

3. Наличие полных сведений об авторах, адресов для переписки; для иногородних авторов — почтовых адресов, на которые отправляется журнал в случае публикации статьи.

4. Название статьи на русском и английском языках.

5. Наличие аннотации, ключевых слов на русском и английском языках.

6. Соответствие требованиям принятого структурирования научных статей.

7. Проверка достоверности и точности цитируемых материалов.

8. Наличие ссылок и соответствие ссылок списку используемых источников информации и требующему их оформлению.

9. Наличие библиографического списка, проверка правильности описания используемых источников. Правильное описание используемых источников повышает цитируемость статьи, что, в свою очередь, повышает оценку научной деятельности авторов, организации, страны. По цитированию журнала определяется его научный уровень, от которого напрямую зависят такие показатели, как импакт-фактор журнала и индекс Хирша журнала и авторов.

10. Проверка статей на уникальность и оригинальность представленных материалов.

11. Соответствие требованиям установленных редакцией типографического, в том числе шрифтового оформления.

12. Если статья содержит формулы (что особенно актуально для физико-математических и технических дисциплин), то они должны удовлетворять следующим требованиям: формулы должны быть набраны в редакторе формул, установленном редакцией журнала (не допускается набор части формулы символами, а части — в редакторе формул), номер формулы должен быть указан в круглых скобках, вставка формул «поверх» текста недопустима [7, 8].

13. Соответствие иллюстративного материала требованиям редакции, при необходимости группировка рисунков, коррекция размеров, графических эффектов, цветокоррекция. Здесь необходимо учитывать способ дальнейшего полиграфического воспроизведения оригинал-макета и технической подготовки электронной версии издания.

На этапе допечатной подготовки сотрудниками редакции выполняются чистка и корректура текстов авторских материалов в соответствии с:

- языковыми нормами;
- требованиями к рубрикации;
- рекомендуемыми видами перечней и обозначений их элементов;
- требованиями к использованию названий (употребление прописных букв, кавычек, слитного, дефисного и раздельного написания);
- точным соблюдением сокращений, чисел и знаков, единиц измерения, дат и времени, цитат;
- корректным употреблением выделений (логических усилений, мнемически-справочных, структурных, структурно-рубрикационных, структурно-технических выделений);
- правильным использованием надписей и обозначений на иллюстрациях, их (иллюстраций) нумерацией, подписей к иллюстрациям (с и без экспликаций);
- требованиями к использованию внутритекстовых, подстрочных и затекстовых примечаний [9].

Работа, проведенная на этапе приема и обработки научных статей в редакции, является залогом того, что авторы смогут качественно представить резуль-

таты своего научного труда, а редактирование электронных версий статей, поступивших на верстку, будет сведено к минимуму, что позволит снизить трудоемкость следующих этапов допечатной подготовки [2–4] и печати научных журналов.

#### Библиографический список

1. Кириллова, О. В. Редакционная подготовка научных журналов по международным стандартам / О. В. Кириллова. — Режим доступа : [http://elsevierscience.ru/files/kirillova\\_editorial.pdf](http://elsevierscience.ru/files/kirillova_editorial.pdf) (дата обращения: 03.03.2016).

2. Сысуев, И. А. Особенности верстки научных журналов (на примере журнала «Омский научный вестник»). В 3 ч. Ч. 1 / И. А. Сысуев, А. Ю. Захаров // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2013. — 3 (123). — С. 318–323.

3. Сысуев, И. А. Особенности верстки научных журналов (на примере журнала «Омский научный вестник»). В 3 ч. Ч. 2 / И. А. Сысуев, А. Ю. Захаров, Е. Н. Гусак // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2014. — 1 (127). — С. 220–225.

4. Сысуев, И. А. Особенности верстки научных журналов (на примере журнала «Омский научный вестник») В 3 ч. Ч. 3 / И. А. Сысуев, А. Ю. Захаров // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2014. — 2 (130). — С. 240–243.

5. Макарьева, С. П. Разработка методики оценки качества набора и верстки журнальных изданий (на примере омских региональных рекламно-информационных журналов) / С. П. Макарьева, И. А. Сысуев // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2011. — № 2 (100). — С. 233–239.

6. Макарьева, С. П. Оценка качества набора и верстки омских региональных рекламно-информационных журналов / С. П. Макарьева, И. А. Сысуев // Полиграфия: технология, оборудование материалы : материалы II заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием. — Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. — С. 81–90.

7. Сысуев, И. А. К вопросу о группах сложности типографического редактирования таблиц и формул / И. А. Сысуев, А. Ю. Захаров // Полиграфия: технология, оборудование материалы : материалы IV заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием. — Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. — С. 109–119.

8. Требования к оформлению научных статей, направляемых в журнал «Омский научный вестник» // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — Омск, 2015. — № 1 (137). — С. 4.

9. Мильчин, А. Э. Справочник издателя и автора: редакционно-издательское оформление издания / А. Э. Мильчин, Л. К. Чельцова. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : ОЛМА-Пресс, 2003. — 800 с.

**ФЕДОРЧУК Марина Федоровна**, магистрант гр. ТПм-151 факультета «Элитное образование и магистратура»; ведущий инженер научного издательства.

**СЫСУЕВ Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Оборудование и технологии полиграфического производства».

**КЛАДИЕНКО Надежда Николаевна**, магистрант гр. ТПм-151 факультета «Элитное образование и магистратура».

**МУКОВОЗ Ксения Вячеславовна**, магистрант гр. ТПм-151 факультета «Элитное образование и магистратура»; технический редактор издательства. Адрес для переписки: [sia1960@mail.ru](mailto:sia1960@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 17.03.2016 г.

© М. Ф. Федорчук, И. А. Сысуев, Н. Н. Кладенко, К. В. Муковоз