

$$\begin{aligned} & - \sigma_0 = 0,7\sigma_{\text{пт}} \\ & \text{экспоненциальное} \quad \sigma(t) = 19,19 - 1,811e^{-0,01574t} \quad (18) \\ & \text{ядро:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{ядро Абеля:} \quad \sigma(t) = 21,00 - 0,432e^{0,2522} \quad (19) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & - \sigma_0 = \sigma_{\text{пт}} \\ & \text{экспоненциальное} \quad \sigma(t) = 25,87 - 1,126e^{-0,02101t} \quad (20) \\ & \text{ядро:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{ядро Абеля:} \quad \sigma(t) = 30,00 - 1,248e^{0,2071} \quad (21) \end{aligned}$$

Правые части уравнений (18), (20), очевидно, не обращаются в ноль при $t > 0$; при $t \rightarrow \infty$ имеем: $\sigma(\infty) = 19,19$ (по (18)) и $\sigma(\infty) = 25,76$ (по (20)). Таким образом, при расчетах с использованием экспоненциального ядра максимальная релаксация напряжений составит 9 и 14 % (до и вблизи предела текучести соответственно).

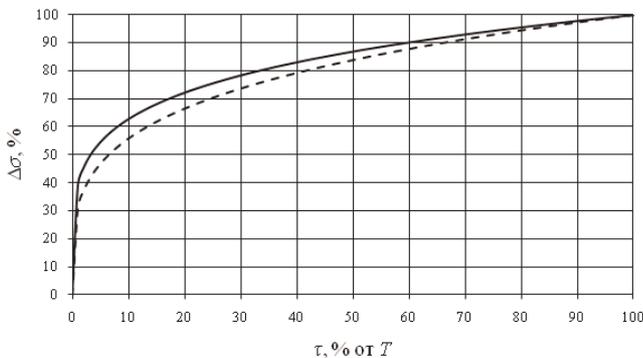


Рис. 6. Процесс релаксации напряжений при использовании ядра Абеля.

При использовании уравнений (19), (21) время полной релаксации напряжений T составит 53 и 54 суток соответственно. Обозначим τ некоторую долю от T ,

УДК 533.6.071

Математическое описание процессов в системе ультразвуковой очистки железнодорожных стрелок с применением вихревого эффекта

Д.А. Филатов¹

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, ул. Чернышевского 15, Иркутск, Россия
E-mail: drugs1989@mail.ru

Статья получена 4.08.12, принята 21.11.12

Предложен новый способ очистки железнодорожных стрелок, реализуемый пропусканием сжатого воздуха от пневмоматрицы через вихревую трубу и ультразвуковую сирену для наиболее эффективного разрушения и топления снега и льда. В качестве генератора горячего сжатого воздуха для успешного топления снега и льда выступает вихревая труба противоточного типа. В качестве генератора ультразвука для разрушения льда выступает ультразвуковая статическая сирена ти-

тогда процесс релаксации, описываемый с помощью ядра Абеля, можно представить в виде графика на рис. 6 ($\Delta\sigma$ определяется по (1), при этом $t = \tau T$).

Для окончательного ответа на вопрос о том, какой тип ядра является предпочтительным при тех или иных условиях, необходимо проведение исследований в более широком временном диапазоне. Предметом дальнейших исследований также должно явиться определение реологических постоянных древесных материалов при различном значении их влажности и температуры.

Литература

1. Буглай, Б.М. Технология изделий из древесины/ Б.М. Буглай, Н.А. Гончаров. - М.: Лесная промышленность, 1985. - 408 с.
2. Хухрянский, П. Н. Прочность древесины: монография/ П.Н. Хухрянский - М.; Л.: Гослесбумиздат, 1955. - 152 с.
3. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения/ Б.Н. Уголев; Московский государственный университет леса. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГУЛ, 2001. - 340 с.
4. Пестриков, В.М. Механика разрушения на базе компьютерных технологий. Практикум/В.М. Пестриков, Е.М. Морозов - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 464 с.
5. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров/ Г. Корн, Т. Корн - СПб.: Лань, 2003. - 832 с.

References

1. Buglay, VM The technology of wood / VM Buglay, NA Potters. - M.: Forest Industry, 1985. - 408 p.
2. Khukhrianskii, P. Durability of wood: monograph / PN Khukhrianskii - Moscow-Leningrad Goslesbumizdat, 1955. - 152.
3. Ugolev, BN Wood-the basics of forest merchandising / BN Angle, Moscow State Forest University. - 3rd ed., Rev. and add. - Moscow: Publishing House of Moscow State Forest University, 2001. - 340 p.
4. Pestrikov, VM Fracture mechanics based on computer technology. Workshop / VM. Pestrikov, EM Morozov - St.: BHV-Petersburg, 2007. - 464.
5. Korn, G., Mathematical Handbook for Scientists and Engineers / G. Korn, T. Korn - St.: Lan, 2003. - 832 p.

на ГСИ-4. Впервые составлено математическое описание для комплексного взаимодействия таких устройств, как ультразвуковая статическая сирена и вихревая труба. Для наиболее детального представления процессов и параметров системы настоящая статья содержит структуру системы очистки железнодорожных стрелок с применением вихревого эффекта и ультразвука, её основной принцип действия, формулы и основные зависимости параметров системы. Основные зависимости и формулы необходимы для расчета параметров системы, а так же для её дальнейшего управления и контроля в режиме реального времени.

Ключевые слова: вихревая труба, ультразвук, сирена, пневмомагистраль.

Mathematical description of the processes in the system of railway points ultrasonic cleaning when applying vortex effect

D.A. Filatov¹

¹Irkutsk State University of Railway Transport, 15 Chernyshevskogo str., Irkutsk, Russia. E-mail: drugs1989@mail.ru
The article received 4.08.12, accepted 21.11.12

The new technique of railway points cleaning being realised by high-pressure air passing from a supply line through a vortex tube and an ultrasonic siren for the most effective destruction and melting of snow and ice has been proposed. The counterflow vortex tube acts as a hot high-pressure air generator for successful melting of snow and ice. The GJR-4 ultrasonic static siren acts as an ultrasonic generator for ice destruction. For the first time the mathematical description for the complex interaction of such devices as an ultrasonic static siren and a vortex tube has been made. To give more detailed representation of the processes and systems parameters, the article contains the structure of the railway points cleaning system when applying vortex effect and ultrasound, its main operating principle, formulas and the basic dependences of the systems parameters. The basic dependences and formulas are necessary to calculate the systems parameters and to run and control it further on a real-time basis.

Keywords: vortex tube, ultrasound, siren, supply line.

Принято считать, что железнодорожный транспорт не зависит от условий погоды, однако некоторые природные явления могут создать затруднения и в работе железных дорог. В сибирском регионе серьезную опасность для движения поездов представляют обильные снегопады и вызываемые ими снежные заносы. Наиболее уязвимыми элементами пути являются стрелочные переводы, и в первую очередь, стрелки в зоне примыкания остряков и рамных рельсов, а также шпальные ящики с переводными тягами.

В настоящее время широкое применение на железных дорогах Российской Федерации нашла пневматическая двухпрограммная автоматическая очистка стрелочных переводов от снега. Очистка производится обдувкой межрельсового пространства сжатым воздухом, подаваемым по специальной пневмомагистральной.

Для наиболее эффективной очистки стрелок целесообразно модернизировать существующую пневмоочистку, используя вихревой эффект и ультразвук для дробления и топления снега и льда.

В статье рассмотрены вопросы математического описания процессов воздушной среды для анализа зависимостей давления и температуры в разных точках вихревой камеры. Ранее в ряде работ выполнялся анализ указанных процессов [1, 3, 4, 10], однако вопрос комплексного взаимодействия горячего воздуха с ультразвуком не рассматривался.

Предлагаемая система предназначена для железнодорожных станций, оборудованных автоматической пневмоочисткой стрелочных переводов. Для реализации ультразвуковой очистки была выбрана ультразвуковая статическая сирена, для реализации обдувки горячим воздухом до 350 К использована вихревая труба при входном давлении 7,875 ати.

Для реализации задачи целесообразно рассмотреть ультразвуковую систему очистки с применением вихревого эффекта [1 – 4, 6, 9] как технологический процесс, состоящий из четырех взаимодействующих модулей (рис. 1).

Сжатый воздух поступает в вихревую камеру (модуль 2) из пневмомагистральной (модуль 1) и регулируется дросселем 1. В вихревой камере сжатый воздух делится на два потока (горячий и холодный), выходит через горячий и холодный выходы из вихревой трубы и регулируется дросселем 2 на холодном выходе. Часть горячего сжатого воздуха поступает в ультразвуковую сирену, другая часть – в пневмообдувку (модули 3 и 4), где воздух регулируется, соответственно, дросселями 3 и 4. После прохождения через ультразвуковую сирену обработанный сжатый воздух на 99 % возвращается в пневмообдувку [6], а сгенерированные им ультразвуковые волны в сирене, наряду со сжатым горячим воздухом пневмообдувки, поступают на стрелочный перевод.

Основным параметром всех модулей в данном случае является давление сжатого воздуха P_1 , которое должно находиться в пределах от 6 до 8 ати на выходе из пневмомагистральной или на входе в вихревую камеру. Для второго, третьего и четвертого модулей, наряду с P_1 , основным является давление P_c сжатого воздуха на холодном выходе вихревой трубы, которое изменяется в пределах от 6 до 8 ати. Для третьего и четвертого модулей, наряду с P_1 и P_c , основным параметром является давление P_h сжатого воздуха на горячем выходе вихревой трубы, которое также изменяется в пределах от 6 до 8 ати.

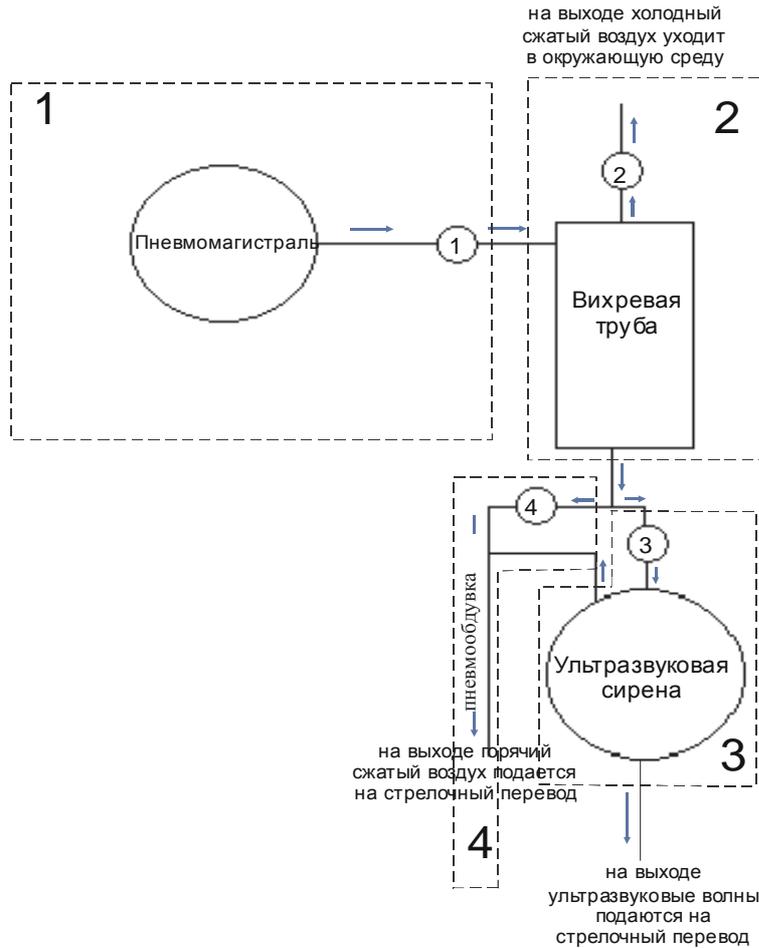


Рис. 1. Система очистки железнодорожных стрелок с применением вихревого эффекта и ультразвука (стрелками обозначено направление движения сжатого воздуха от пневмомагистрали, цифрами – номера дросселей и технологических блоков).

Все основные зависимости были выведены из формулы [4]:

$$\pi = \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta t_h}{\eta_h \times T_1}} \right)^{\frac{k}{k-1}}, \quad (1)$$

где π – располагаемая степень расширения сжатого воздуха при $\pi = \frac{P_1}{P_c}$; Δt_h – потребный эффект нагревания при $\Delta t_h = T_h - T_1$; η_h – температурная эффективность горячего потока при $\eta_h = 4.305$; T_1 – температура сжатого воздуха на выходе из пневмомагистрали при $T_1 = 289$ К; T_h – температура горячего сжатого воздуха на горячем выходе из вихревой трубы при $T_h = 350$ К; k – показатель адиабаты при $k = 1.4$ (для воздуха).

При этом температура сжатого воздуха в вихревой трубе будет меняться согласно зависимостям, при температуре на выходе из пневмомагистрали $T_1 = 289$ К [1, 3, 6]:

$$P_1(T_h) = \frac{6.559}{\left(1 - \frac{0.225 \times T_h - 65.025}{279.9}\right)^{\frac{2}{7}}}, \quad (2)$$

где T_h – температура горячего сжатого воздуха на горячем выходе вихревой трубы,

$$K.P_1(T_c) = \frac{6.559}{\left(1 - \frac{289 - T_c}{361.5}\right)^{\frac{2}{7}}}, \quad (3)$$

где T_c – температура холодного сжатого воздуха на холодном выходе вихревой трубы, K .

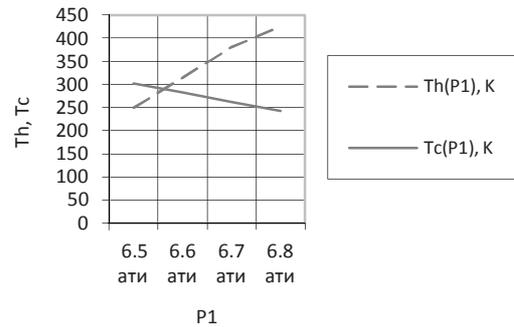


Рис. 2. Температурная зависимость горячего и холодного потоков сжатого воздуха на выходах из вихревой трубы, K , от давления P_1 , *ати*.

Согласно зависимостям 1, 2 и рис. 2 видно, что, управляя параметром давления входного потока воздуха, мы управляем изменением параметра температуры на холодном и горячем выходах вихревой трубы до тех пор, пока не будет достигнута рабочая температура

$T_h = 350 \text{ K}$.

Давление P_1 сжатого воздуха на входе и давления сжатого воздуха $P_c, P_h, P_{s1}, P_{st1}, P_{st}$ соответственно на горячем и холодном выходах из вихревой трубы, на входе в ультразвуковую сирену, на входе и выходе из пневмоочистки, *amu*, имеют следующие зависимости [1, 3, 4, 9]:

$$P_1(P_c) = 1.203 \times P_c, \quad (4)$$

$$P_1(P_h) = \frac{P_h - 4.39}{0.33}, \quad (5)$$

$$P_{s1}(P_1) = \frac{4.39 + 0.33 \times P_1}{2.625}, \quad (6)$$

$$P_{st1}(P_1) = \frac{4.39 + 0.33 \times P_1}{1.615}, \quad (7)$$

$$P_{st}(P_1) = \frac{18.54 + 1.39 \times P_1}{4.24}, \quad (8)$$

Давление горячего сжатого воздуха P_{st} на выходе из пневмообдувки стрелочного перевода соответствует следующему выражению:

$$P_{st} = P_{st1} + 0.99 \times P_{s1}, \quad (9)$$

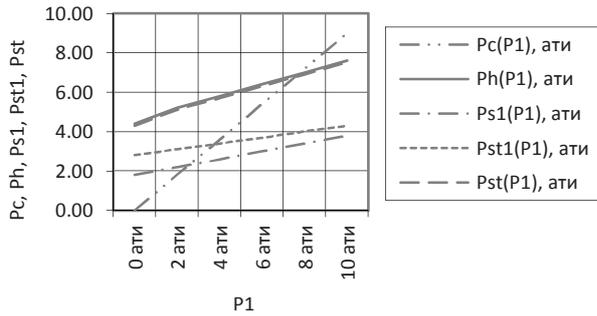


Рис. 3. Зависимость давления P_1 сжатого воздуха на входе и давлений сжатого воздуха $P_c, P_h, P_{s1}, P_{st1}, P_{st}$ соответственно на горячем и холодном выходах из вихревой трубы, на входе в ультразвуковую сирену, на входе и выходе из пневмообдувки, *amu*.

Согласно зависимостям 3, 4, 5, 6, 7, 8 и рис. 3 видно, что при управлении параметром давления входного потока воздуха изменяются параметры давлений сжатого воздуха $P_c, P_h, P_{s1}, P_{st1}, P_{st}$ соответственно на горячем и холодном выходах из вихревой трубы, на входе в ультразвуковую сирену, на входе и выходе из пневмообдувки – до тех пор, пока не будет достигнуто рабочее давление $P_h = 7 \text{ amu}$.

Давление P_h сжатого воздуха на входе и давления сжатого воздуха $P_c, P_{s1}, P_{st1}, P_{st}$ соответственно на горячем и холодном выходах из вихревой трубы, на входе в ультразвуковую сирену, на входе и выходе из пневмообдувки, *amu*, имеют следующие зависимости [1, 3, 4, 9]:

$$P_c(P_h) = \frac{P_h - 2.6}{0.67}, \quad (10)$$

$$P_{s1}(P_h) = \frac{P_h}{2.625}, \quad (11)$$

$$P_{st1}(P_h) = \frac{P_h}{1.615}, \quad (12)$$

$$P_{st}(P_h) = \frac{4.224 \times P_h}{4.24}, \quad (13)$$

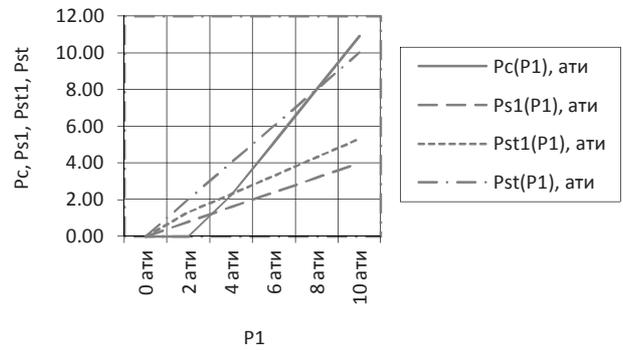


Рис. 4. Зависимость давления P_h сжатого воздуха на входе и давлений сжатого воздуха $P_c, P_{s1}, P_{st1}, P_{st}$ соответственно на холодном выходе из вихревой трубы, на входе в ультразвуковую сирену, на входе и выходе из пневмообдувки, *amu*.

Согласно зависимостям 9, 10, 11, 12 и рис. 4 видно, что при управлении параметром давления P_h горячего сжатого воздуха на выходе из вихревой трубы изменяются параметры давлений сжатого воздуха $P_c, P_{s1}, P_{st1}, P_{st}$ соответственно на холодном выходе из вихревой трубы, на входе в ультразвуковую сирену, на входе и выходе из пневмообдувки – до тех пор, пока не будет достигнуто рабочее давление $P_{s1} = 3 \text{ amu}$.

Системный анализ процессов движения воздушной среды в вихревой камере позволяет определить оптимальные параметры сирены, вихревой трубы и определить способ управления ультразвуковой системой очистки [5].

Литература

1. **Асламова В. С.** Прямоточные циклоны. Теория, расчет, практика. Ангарск, 2008. 233 с.
2. **Берещанский А.Н.** Автоматическая пневмоочистка стрелок. Напольное оборудование и воздухопроводная сеть. Типовые материалы для проектирования. М.: ОАО "РОСЖЕЛДОРПРОЕКТ", 2006. 1-29 с.
3. **Гуцол А.Ф.** Эффект Ранка. Кольск, 1997. 687 с.
4. **Меркулов А.П.** Вихревой эффект и его применение в технике. М.: Машиностроение, 1969. С. 7-64.
5. **Мухомад Ю.Ф.** Микроэлектронные системы управления. Братск: БрГУ, 2009. 285 с.
6. **Розенберг Л.Д.** Источники мощного ультразвука. Физика и техника мощного ультразвука: издательство. М.: НАУКА, 1967. С. 94-106.
7. **Филатов Д. А.** Микропроцессорные системы управления турбо-механизмами // Информационные системы контроля и управления в промышленности и на транспорте: сб. науч. тр. Иркутск, 2011. Вып. 19. С.118-121.
8. **Филатов Д. А.** Структура микропроцессорной системы управления турбо-механизмами на базе микроконтроллера семейства HC08 // Там же. Вып. 20. С. 53-60.
9. **Филатов Д. А.** Применение сирены, как ультразвукового излучателя на железной дороге // Проблемы транспорта Восточной Сибири: материалы науч.-практической конф. молодых ученых, аспирантов и студентов электромеханического фак-та ИрГУПС. Иркутск, 2012. С. 117-119.
10. **Сабуров Э. Н., Карпов С. В., Осташев С. И.** Теплообмен и аэродинамика закрученного потока в циклонных устройствах / под ред. Э. Н. Сабурова. Л.: Изд-во Ленингр.ун-та. 1989. 276 с.

References

1. Aslamova V. S. Direct-flow cyclones. The theory, calculation, practice. – Angarsk, 2008. – 233 p.

2. Bereshchansky A.N. Automatic pneumatic cleaning of switch. The floor equipment and airline network. Typical materials for designing: Open Society "The Russian railway project". – М.2006. – 1-29 p.
 3. Gutsol A. F. Ranks effect. – Kolsk, 1997. – 687 p.
 4. Merkulov A. P. Vortical effect and its application in the technician. Publishing house "Mechanical engineering". – М, 1969. – 7-64 p.
 5. Muhopad Y. F. Microelectronic of a control system. – Bratsk: BrGU, 2009, – 285 p.
 6. Rosenberg L. D. Powerful ultrasonic source. Physics and technics of powerful ultrasound: publishing house "SCIENCE". – М, 1967. – 94-106 p.
 7. Filatov D. A. Microprocessor control systems of turbo-mechanisms. Information monitoring systems and managements in the industry and on transport: the collection of the scientific works/under by Y.F.Muhopad's edition. – Irkutsk: IrGUPS, 2011. – Release 19. - 118-121 p.
 8. Filatov D. A. The structure of a microprocessor control system of turbo-mechanisms on the basis of family HC08 microcontroller. Information monitoring systems and managements in the industry and on transport: the collection of the scientific works/under by Y.F.Muhopad's edition. – Irkutsk: IrGUPS, 2011. – Release 20. - 53-60 p.
 9. Filatov D. A. Application of a siren, as ultrasonic radiator on the railway. Problems of transport of Eastern Siberia: materials of scientific-practical conference of young scientists, post-graduate students and students of electromechanical faculty IrGUPS. – Irkutsk: IrGUPS, 2012. – 117-119p.
- Saburov E. N, Carpov S. V, Ostashev S.I. Heat exchange and aerodynamics of the twirled stream in cyclonic devices; Under E.N.Saburov's edition. - L: Publishing house of the Leningrad university. 1989. - 276 p.

УДК 621

Системный подход к проблеме оптимального проектирования герметизирующих устройств

П.М. Огар¹, В.А. Тарасов¹, И.И. Корсак²

¹Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия. Email: ogar@brstu.ru
ООО «ТЕХАРМ», ул.Замарстыновская 41, Львов, Украина. E-mail: texarm@utel.net.ua
Статья поступила 12.09.2012, принята 19.11.2012

Представлен системный подход к оптимальному проектированию герметизирующих устройств. Приведена иерархическая структурная модель гидроневмотопливной системы, классификация уплотнительных соединений и требования, предъявляемые при проектировании пневмогидроагрегата (ПГА). Показано, что задачи повышения качества ПГА следует решать на стадии проектирования, когда необходимо рассмотрение конструкции с точки зрения обеспечения множества противоречивых требований. Процесс проектирования конструкции формализован и представлен в виде последовательности основных этапов: формирование данных на проектирование, выбор концепции, оптимизация, детализация. Основной этап проектирования – оптимизация разделен на ряд подэтапов: постановка задачи; составление таблиц испытаний; выбор функциональных и критериальных ограничений; проверка разрешимости задачи.

Ключевые слова: системный подход, уплотнительное соединение, герметизирующее устройство, иерархическая структурная модель, затворы трубопроводной арматуры, оптимальное проектирование.

System approach to the problem of sealing devices optimum design

P.M. Ogar¹, V.A. Tarasov¹, I.I. Korsak²

¹Bratsk State University, 40 Makarenko str., Bratsk, Russia. Email: ogar@brstu.ru
²LLC «TEKHARM», 41 Zamarstynovskaya str., L'viv, Ukraine. Email: texarm@utel.net.ua
The article received 12.09.2012, accepted 19.11.2012

The system approach to the problem of sealing devices optimum design has been proposed. The hierarchical structural model of a hydropneumatic fuel delivery system, the sealing joints classification and the demands made in the process of designing the hydropneumatic unit (HPU) have been given. It has been shown that the task of the HPU upgrade should be solved at the design stage when the construction is to be considered from the point of view of providing a great number of conflicting objectives. The design process has been formalized and presented in the form of its main stages sequence: design data generation, concept selection, optimization, detailing. The main stage of designing – optimization – is divided into a number of substeps: problem formulation; tests tabulation; functional and criterion constraints selection; solubility checkup.

Keywords: system approach, sealing joint, sealing device, hierarchical structural model, pipe valves, optimum design.

Введение. Совершенствование конструкций аэрокосмической техники тесно связано с ограничением их материало- и энергоёмкости, минимизацией запасов прочности их элементов при одновременном росте технико-энергетических характеристик, который обуславливается повышением давлений рабочих сред,