

Авиационная и ракетно-космическая техника

УДК 629.7.063.6: 532.1

Исследование капиллярных фазоразделителей для топливных баков жидкостных ракетных двигателей при испарении криогенных компонентов

Н.И. Авраамов¹, Ф.В. Пелевин¹, В.Б. Сапожников², А.Л. Синцов¹

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

² ООО НТВЦ «ЭДУКОН», 141091, Юбилейный, Московская область, Российская Федерация, Пионерская ул., д. 1/4

Research of the Capillary Phase Separator for Fuel Tanks of Liquid Propellant Rocket Engines at Evaporation of Cryogenic Components

N.I. Avraamov¹, F.V. Pelevin¹, V.B. Sapozhnikov², A.L. Sintsov¹

¹ BMSTU, 105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1

² Scientific and Technical Centre of Power Information and Technology Innovation for Aerospace and Defense Installation and Complexes, 141091, Yubileyny, Moscow Region, Russian Federation, Pionerskaya St., Bldg. 1/4



e-mail: zaytseva@bmstu.ru, pelfv@rambler.ru, sapojnikov47@mail.ru



Устойчивое функционирование ракетных двигателей связано, в числе других факторов, с непрерывной подачей компонентов топлива в магистрали к двигательной установке без нарушения сплошности потока. Это условие актуально для летательных аппаратов, работающих на криогенных компонентах, так как в процессе их испарения, возможно нарушение сплошности. Одним из перспективных технических решений задачи отбора топлива из бака без газовых включений является применение капиллярных заборных устройств. Вместе с тем при функционировании капиллярного фазоразделителя (КФР) в баках с криогенными компонентами топлива на режимах выдачи и хранения могут возникнуть ситуации, когда существенное воздействие на работу системы оказывают процессы испарения. Эти процессы изучены недостаточно. Представлена упрощенная схема установки для определения влияния испарения на работу КФР, дано описание ее основных блоков. Предложены методики определения относительной площади поверхности испарения жидкости в КФР, параметров свободноконвективного испарения жидкости из сетчатых фазоразделителей плоской и цилиндрической формы.

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель, многократный запуск, внутрибаковое устройство, капиллярный фазоразделитель.



Stable operation of rocket engines is associated, among other factors, with continuous supply of fuel components through the feed line to the propulsion unit, without discontinuity of the flow. This is particularly important for aircraft working on cryogenic components be-

cause during the evaporation process the flow continuity may be disrupted. One of the promising technical solutions for fuel intake from the fuel tank without gas inclusions is the use of capillary intake devices. However, when capillary phase separators (CPS) are in operation in fuel tanks with cryogenic fuel components in the distribution and storage modes, there may appear situations where evaporation processes have a significant impact on the operation of the system. These processes are not well understood. The study presents a schematic of the installation for determining the influence of evaporation on the operation of the CPS, with a description of its main blocks. Methods are developed for determining the relative surface area of liquid evaporation in CPS, the parameters of free-convection liquid evaporation off the mesh of the phase separator, both of flat and cylindrical shape.

Keywords: liquid propellant rocket engine, multiple launch, inter-tank device, capillary phase separator.

При запуске и работе жидкостных ракетных двигательных установок требуется гарантированный забор жидких компонентов из топливных баков без газовых включений как в условиях невесомости, так и при наличии переменных по величине и направлению ускорений.

В настоящее время широко применяют системы отбора жидкости, в которых использован принцип механического разделения фаз [1]. На практике этот принцип реализуют введением в конструкцию топливного бака непроницаемого фазоразделителя. Находящиеся в нем газ и жидкость разделены подвижным элементом, изготовленным из сплошного материала. Подаваемый в газовую емкость газ или пар [2] перемещает под действием разности давлений подвижный элемент, который вытесняет жидкость из бака.

Перспективным техническим решением задачи отбора топлива из бака без газовых включений является применение капиллярных заборных устройств, которые при сравнительно малой сухой массе отвечают требованиям многократного применения, а также долговечности при использовании агрессивных и криогенных компонентов [1, 3–6].

Основным элементом капиллярного заборного устройства является капиллярный фазоразделитель (КФР), который изготавливают главным образом из тканых металлических сеток.

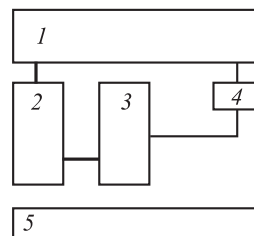
Принцип работы КФР заключается в предотвращении прорыва газа наддува и использовании силы поверхностного натяжения, значение которых тем больше, чем меньше характерный размер ячеек КФР. Необходимо отметить, что гибкая провололочная плетеная сетка в условиях работы жидкостного ракетного двигателя может не справиться с функцией сепарирования.

В начале 1990-х годов коллективом специалистов НИИ энергетического машиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана в развитие идей научной школы профессора В.М. Поляева разработана технология изготовления нового вида КФР на основе комбинированных пористо-сетчатых материалов [7–10]. Для исследования влияния испарения на работу КФР предложено экспериментальное устройство (рисунок).

Пневмогидросистема экспериментальной установки обеспечивает подачу в другие ее части жидкости, имеющего заданное давление сжатого воздуха, очистку газа и жидкостей от механических включений, дренажное наддуваемых полостей, слив жидкости и продувку магистралей.

Задатчик перепада давления — расходомер позволяет реализовать снижение на заданное значение давления среды (как жидкой, так и газообразной) внутри экспериментальных моделей, создать разность (перепад) между давлением окружающей среды и давлением среды внутри экспериментальных моделей, а также (при работе с жидкостью) измерить расход жидкости, испаряющейся из экспериментальных моделей.

Блок измерения перепада давления обеспечивает измерение разности (перепада) между



Упрощенная схема экспериментального устройства для определения влияния испарения на работу КФР: 1 — пневмогидросхема; 2 — сменные экспериментальные модели; 3 — задатчик перепада давления, объединенный с расходомером; 4 — блок измерения перепада давления; 5 — система управления и регистрации

давлением окружающей экспериментальные модели среды и давлением среды (как жидкой, так и газообразной) внутри экспериментальных моделей. Для визуального определения избыточного давления воздуха (при наддуве экспериментальной модели и градуировке дифманометра) и разрежения (при вакуумировании экспериментальной модели) используют датчик давления.

Система управления и регистрации обеспечивает срабатывание и включение в нужный момент и в нужной последовательности электрических элементов установки, запись на регистратор перепада давления и температуры в экспериментальной модели как функций времени, а также синхронизацию срабатывания электрических элементов установки и включения записи в регистраторах.

Экспериментальное определение зависимости относительной площади менисков жидкости внутри сеточного КРФ от разности давлений газа и жидкости на нем основано на известных соотношениях, позволяющих получить поток массы с поверхности раздела фаз при изотермическом испарении жидкости в неподвижный объем газа, обусловленном только процессом стационарной молекулярной диффузии.

Плотность потока массы с поверхности раздела фаз испаряющейся жидкости обусловлена свойствами жидкости, газа, высотой газового объема, в который непосредственно происходит испарение, и температурой всей системы. Если оставить перечисленные параметры неизменными, а изменять только площадь поверхности раздела фаз, интегральный поток массы будет прямо пропорционален этой площади. В экспериментах расход при испарении жидкости из образца исследуемой сетки G_c в свободный объем неподвижного воздуха определяли при атмосферном давлении. Давление жидкости, питающей образец, последовательно уменьшается, что увеличивает перепад между давлением воздуха и жидкости на сетке Δp_ϕ , который однозначно определяет положение менисков в структуре сетки и, следовательно, их суммарную площадь. Экспериментально определив капиллярную удерживающую способность Δp_σ образца сетки, можно получить экспериментальное значение безразмерного перепада давления на образце: $\Delta \bar{p}_\phi^3 = \Delta p_\phi^3 / \Delta p_\sigma$.

Если вертикальный размер объема, в который непосредственно испаряется жидкость, на

несколько порядков больше толщины сетки, влиянием на испарение перемещения поверхности раздела фаз при увеличении перепада давления на сетке можно пренебречь. Определив расход при испарении со свободной поверхности жидкости, равной по площади образцу, можно получить экспериментальные значения относительной площади менисков:

$$\bar{S}_m^3 (\Delta \bar{p}_\phi^3) = G_c (\Delta p_\phi^3 / G_0).$$

Чтобы исключить влияние на испарение процессов свободной конвекции, в экспериментах используют жидкости, при испарении которых образуется пар, более тяжелый, чем воздух (фреон-113 и этанол).

Жидкостная полость модели образована цилиндрическим корпусом из фторопласта, к одному торцу которого с помощью болтов и стального фланца прикреплен иллюминатор, а к другому — с помощью винтов и второго фланца — сменный образец, имеющий в плане вид квадрата, вклеенного в круглую гетинаксовую кассету. Газовая полость представляет собой цилиндрический стальной стакан (внутренний диаметр 100 мм), прикрепленный к тому же торцу корпуса, что и образец сетки. Корпус модели может поворачиваться на 180° вокруг оси, перпендикулярной плоскости рисунка. Для измерения температуры газа, жидкости, образца, корпусов применяют термопары. Жидкостная полость экспериментальной модели подсоединена к пневмогидросхеме и датчику перепада давления.

При определении параметров свободноконвективного испарения жидкости из КРФ общими чертами всех экспериментов (как для плоской, так и для цилиндрической модели) являются:

- задание условий в газовой среде, когда испарение происходит в открытый объем атмосферного воздуха;
- создание перепада давления газовой и жидкой сред на КРФ уменьшением давления жидкости относительно атмосферного;
- экспериментальное определение средней температуры КРФ и расхода испаряющейся жидкости;
- учет распределения давления жидкости внутри экспериментальных моделей вследствие гидростатических явлений;
- обеспечение сплошности жидкой среды внутри экспериментальных моделей.

В настоящей работе рассмотрена методика проведения эксперимента на плоской модели. На поверхности модели со стороны жидкости и со стороны газа прикрепляют термопары. Показания этих термопар дают представление о распределении температуры по поверхности модели, на основании чего можно судить о соответствии условий эксперимента допущениям об изотермичности сетки, сделанным при получении расчетных зависимостей. Для уменьшения притока тепла к сетке от конструктивных элементов модели и установки все прилегающие к сетке детали выполнены из материалов, имеющих малую теплопроводность. Тепловой поток, поступающий к сетке от жидкости, заполняющей модель, находили непосредственным измерением распределения температур в жидкости с помощью термопар. Выводы термопарных проводов герметизировали штучерами. При любой ориентации плоскости сетки эксперименты проводили без стакана. В экспериментах определяли расход испаряющейся жидкости со всей плоской поверхности фазоразделителя G_c , поэтому, чтобы найти экспериментальное значение средней плотности потока массы на поверхности раздела фаз (менисков) ($W_{п.м}^{cp}$), необходимо знать среднее значение относительной площади поверхности менисков:

$$\bar{S}_M^{cp} = 0,5 \left[\bar{S}_M (\Delta p_\phi^{\min}) + \bar{S}_M (\Delta p_\phi^{\max}) \right],$$

где Δp_ϕ^{\min} , Δp_ϕ^{\max} — соответственно минимальный и максимальный относительный перепад давления сред на модели.

После получения всех исходных данных имеем

$$W_{п.м}^{cp} = G_c / S_M S_c,$$

где S_c — площадь поверхности образца.

Подготовку экспериментальной модели к исследованиям по свободному испарению, заполнение ее жидкостью и установление уровня жидкости, соответствующего нулевому перепаду, осуществляют так же, как при экспериментальном определении относительной площади поверхности испарения.

Затем последовательно с интервалом в 15° , устанавливая угол наклона плоскости образца (от горизонтального с испарением вверх до горизонтального с испарением вниз), причем при каждом угле наклона задают несколько значений Δp_ϕ . При каждом положении плоскости образца перед измерением расхода испаряющейся жидкости делают выдержку, чтобы процесс вышел на стационарный режим.

Учитывая опыт МГТУ им. Н.Э. Баумана в исследовании работоспособности капиллярных заборных устройств, представляется целесообразным дальнейшую работу в этой области проводить на моделях реальных КРФ и с использованием криогенных жидкостей.

Выводы

1. Испарение жидкости с поверхности КРФ — важный фактор, обеспечивающий его работоспособность. Альтернативным процессом является впитывание жидкости пористой структурой КРФ. Соотношение скоростей испарения и впитывания определяет работоспособность конструкции.

2. При исследовании конструкции целесообразно: отдельно исследовать процессы испарения и впитывания; провести чистовые испытания КРФ, в которых маркируются оба явления; в теоретической части выделить основные критерии подобия и работоспособности, которые следует подтвердить экспериментально.

Литература

- [1] Багров В.В., Курпатенков А.В., Поляев В.М., Синцов А.Л., Сухоставец В.Ф. *Капиллярные системы отбора жидкости из бака космических аппаратов*. Москва, УНПЦ ЭНЕРГОМАШ, 1997. 328 с.
- [2] Диев М.Д., Пылаев А.М. Исследование работы топливного бака космической станции МИР с бинарным двухфазным вытеснением. *Труды Второй РНКТ*, Москва, 1998, т. 1, с. 161–164.
- [3] Новиков А.В., Синцов А.Л., Антонов Ю.В. Комплексные исследования капиллярных систем отбора топлива. *Ракетно-космические двигательные установки. Сб. тез. Всерос. науч.-техн. конф.*, Москва, ИИУ МГОУ, 2013, с. 114–116.
- [4] Леонтьев А.И., Пилюгин Н.Н., Полежаев Ю.В., Поляев В.М., ред. *Научные основы технологий XXI века*. Москва, УНПЦ ЭНЕРГОМАШ, 2000. 136 с.

- [5] Сапожников В.Б., Партола И.С., Корольков А.В. Теоретические основы разработки и экспериментальной отработки капиллярных заборных устройств с минимальными остатками топлива в двигательных установках РН, РБ и КА. *Науч.-техн. разработки ОКБ-23 — КБ «Салют»*. Сб. статей, Москва, Воздушный транспорт, 2006, с. 313–319.
- [6] Корольков А.В., Меньшиков В.А., Партола И.С., Сапожников В.Б. Математическая модель капиллярного заборного устройства торового бака. *Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник*, 2007, № 2, с. 35–39.
- [7] Сапожников В.Б., Крылов В.И., Новиков Ю.М., Ягодников Д.А. Наземная отработка капиллярных фазоразделителей на основе комбинированных пористо-сетчатых материалов для топливных баков жидкостных ракетных двигателей верхних ступеней ракет-носителей, разгонных блоков и космических аппаратов. *Тр. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Теория и практика современного ракетного двигателестроения. Сб. статей*, 2013, № 607, с. 7–23.
- [8] Сапожников В.Б., Большаков В.А., Новиков Ю.М., Корольков А.В., Константинов С.Б., Мартынов М.Б. Оценка эффективности использования капиллярных заборных устройств на основе комбинированных пористо-сетчатых материалов для сепарации газожидкостных смесей в топливных баках двигательных установок космических аппаратов. *Ракетно-космические двигательные установки. Матер. Всерос. науч.-техн. конф.*, Москва, Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2010, с. 18.
- [9] Новиков Ю.М., Большаков В.А., Спиридонов В.С., Мартынов М.Б., Константинов С.Б., Сапожников В.Б. Модель внутрибакового устройства капиллярного типа из КПСМ для топливных баков ЖРДУ верхних ступеней ракет-носителей, разгонных блоков и космических аппаратов как пример решения сложных системных задач при разработке и изготовлении перспективных конструкций. *Ракетно-космические двигательные установки. Матер. Всерос. науч.-техн. конф.*, Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013, с. 15–17.
- [10] Новиков Ю.М., Большаков В.А., Партола И.С. Первая длинномерная конструкция капиллярного заборного устройства из КПСМ: подтверждение надежности и высокой эффективности по результатам эксплуатации в составе дополнительного топливного бака разгонного блока «Бриз-М» ракетного космического комплекса «Протон-М/Бриз-М». *Ракетно-космические двигательные установки. Матер. Всерос. науч.-техн. конф.*, Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013, с. 17–19.

References

- [1] Bagrov V.V., Kurpatenkov A.V., Poliaev V.M. Sintsov A.L., Sukhostavets V.F. *Kapilliarnye sistemy otbora zhidkosti iz baka kosmicheskikh apparatov* [Capillary system of selection of liquid from the tank spacecraft]. Moscow, UNPTS ENERGOMASH publ., 1997. 328 p.
- [2] Diev M.D., Pylaev A.M. Issledovanie raboty toplivnogo baka kosmicheskoi stantsii MIR s binarnym dvukhfaznym vytesneniem [Study of the fuel tank Mir space station with a binary two-phase displacement]. *Trudy Vtoroi RNKT* [Proceedings of the 2nd RNKT]. Moscow, 1998, vol. 1, pp. 161–164.
- [3] Novikov A.V., Sintsov A.L., Antonov Iu.V. Kompleksnye issledovaniia kapilliarnykh sistem otbora topliva [Complex studies of capillary systems selection fuel]. *Raketno-kosmicheskie dvigatel'nye ustanovki: Sbornik tezisov Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Rocket-Space Propulsion: Abstracts of the All-Russian Scientific and Technical Conference]. Moscow, IIU MGOU publ., 2013, p. 114–116.
- [4] *Nauchnye osnovy tekhnologii 21 veka* [Scientific bases of technology of the 21 century]. Ed. Leont'ev A.I., Piliugin N.N., Polezhaev Iu.V., Poliaev V.M. Moscow, UNPTS Energomash publ., 2000. 136 p.
- [5] Sapozhnikov V.B., Partola I.S., Korol'kov A.V. Teoreticheskie osnovy razrabotki i eksperimental'noi otrabotki kapilliarnykh zabornykh ustroystv s minimal'nymi ostatkami topliva v dvigatel'nykh ustanovkakh RN, RB i KA [Theoretical Foundations of development and ex-

- perimental testing of capillary sampling devices with minimal remnants of fuel in rocket propulsion, RB and SC]. *Nauchno-tekhnicheskie razrabotki OKB-23-KB «Saliut»* [Scientific and technical development OKB-23-KB «Salyut»]. Moscow, Vozdushnyi transport publ., 2006, pp. 313–319.
- [6] Korol'kov A.V., Men'shikov V.A., Partola I.S., Sapozhnikov V.B. Matematicheskaia model' kapilliarnogo zabornogo ustroistva torovogo baka [The Mathematical Model Capillary Intake Device Toroidal Fuel Tank]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa — Lesnoi vestnik* [Moscow State Forest University Bulletin — Lesnoy Vestnik]. 2007, no. 2, pp. 35–39.
- [7] Sapozhnikov V.B., Krylov V.I., Novikov Iu.M., Iagodnikov D.A. Nazemnaia otrabotka kapilliarnykh fazorazdelitelei na osnove kombinirovannykh poristo-setchatykh materialov dlia toplivnykh bakov zhidkostnykh raketnykh dvigatelei verkhnikh stupenei raket-nositelei, razgonnykh blokov i kosmicheskikh apparatov [Ground testing of capillary phase separator based on combined-porous mesh material for fuel tanks of liquid rocket engines upper stages of launch vehicles, boosters and spacecraft]. *Trudy MGTU im. N.E. Baumana Teoriia i praktika sovremennogo raketnogo dvigatelestroeniia. Sbornik statei* [Proceedings of the BMSTU theory and practice of modern rocket engine. Digest of articles]. Moscow, 2013, no. 607, pp. 7–23.
- [8] Sapozhnikov V.B., Bol'shakov V.A., Novikov Iu.M., Korol'kov A.V., Konstantinov S.B., Martynov M.B. Otsenka effektivnosti ispol'zovaniia kapilliarnykh zabornykh ustroistv na osnove kombinirovannykh poristo-setchatykh materialov dlia separatsii gazozhidkostnykh smesei v toplivnykh bakakh dvigatel'nykh ustanovok kosmicheskikh apparatov [Evaluating the effectiveness of the use of capillary sampling devices based on combined-porous mesh material for separating liquid mixtures in fuel tanks of spacecraft propulsion]. *Raketno-kosmicheskie dvigatel'nye ustanovki: Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Rocket and space propulsion systems: Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference]. 2010, Moscow, Publishing house of BMSTU, 2010, p. 18.
- [9] Novikov Iu.M., Bol'shakov V.A., Spiridonov V.S., Martynov M.B., Konstantinov S.B., Sapozhnikov V.B. Model' vnutribakovogo ustroistva kapilliarnogo tipa iz KPSM dlia toplivnykh bakov ZhrDU verkhnikh stupenei raket-nositelei, razgonnykh blokov i kosmicheskikh apparatov kak primer resheniia slozhnykh sistemnykh zadach pri razrabotke i izgotovlenii perspektivnykh konstruktssii [Model inner tank device capillary type of KPSM for fuel tanks ZHRDU upper stages of launch vehicles, boosters and spacecraft as an example of systemic solutions to complex problems in the design and manufacture of advanced designs]. *Raketno-kosmicheskie dvigatel'nye ustanovki: Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Rocket and space propulsion systems: Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference]. 2013, Moscow, Publishing house of BMSTU, 2013, pp. 15–17.
- [10] Novikov Iu.M., Bol'shakov V.A., Partola I.S. Pervaia dlinnomernaia konstruktssia kapilliarnogo zabornogo ustroistva iz KPSM: podtverzhdenie nadezhnosti i vysokoi effektivnosti po rezul'tatam ekspluatatsii v sostave dopolnitelnogo toplivnogo baka razgonnogo bloka «Briz-M» raketnogo kosmicheskogo kompleksa «Proton-M/Briz-M» [First lengthy capillary structure of the intake device KPSM: confirmation of reliability and high efficiency of operation results in additional fuel tank upper stage «Breeze-M» rocket space complex «Proton-M/Breeze-M»]. *Raketno-kosmicheskie dvigatel'nye ustanovki. Materialy Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Rocket and space propulsion systems. Materials of All-Russian Scientific and Technical Conference]. Moscow, 2013, pp. 17–19.

Статья поступила в редакцию 31.08.2015

Информация об авторах

АВРААМОВ Николай Иванович (Москва) — кандидат технических наук, заместитель начальника отделом ЭМ1.1. НИИЭМ. МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: zaytseva@bmstu.ru).

ПЕЛЕВИН Федор Викторович (Москва) — доктор технических наук, профессор кафедры «Ракетные двигатели». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: pelfv@rambler.ru).

САПОЖНИКОВ Владимир Борисович (Московская область) — доктор технических наук, профессор, генеральный директор. ООО Научно-технический внедренческий центр «Энергетические, информационные, технологические достижения для установок и комплексов космического и оборонного назначения» (ООО НТВЦ «ЭДУКОН») (141091, Юбилейный, Московская область, Российская Федерация, Пионерская ул., д. 1/4, e-mail: sapojnikov47@mail.ru).

СИНЦОВ Александр Леонидович (Москва) — кандидат технических наук, старший научный сотрудник. НИИЭМ МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: zaytseva@bmstu.ru).

Information about the authors

AVRAAMOV Nikolai Ivanovich (Moscow) — Candidate of Science (Eng.), Deputy Head, Department of Power Engineering — 1.1, Scientific and Research Institute of Power Engineering, Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: zaytseva@bmstu.ru).

PELEVIN Feodor Viktorovich (Moscow) — Doctor of Science (Eng.), Professor, Department of Rocket Engines. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: pelfv@rambler.ru).

SAPOZHNIKOV Vladimir Borisovich (Moscow Region) — Doctor of Science (Eng.), Professor, General Director. ООО NTVTs Edukon — Scientific and Technical Centre of Power Information and Technology Innovation for Aerospace and Defense Installation and Complexes. (141091, Yubileyny, Moscow Region, Russian Federation, Pionerskaya St., Bldg. 1/4, e-mail: sapojnikov47@mail.ru).

SINTSOV Aleksander Leonidovich (Moscow) — Candidate of Science (Eng.), Senior Researcher, Scientific and Research Institute of Power Engineering. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: zaytseva@bmstu.ru).

ОСНОВЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И СООРУЖЕНИЙ



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана

вышла в свет монография

**Г.А. Бигуса, Ю.Ф. Даниева, Н.А. Быстровой,
Д.И. Галкина**

«Основы диагностики технических устройств и сооружений»

В монографии приведены основные понятия технической диагностики — области знаний, охватывающей теорию, методы и средства определения технического состояния объектов. Значительное внимание уделено методам неразрушающего контроля, правильное применение которых позволяет получить исходные данные для анализа, проводимого при техническом диагностировании. Изложены элементы теории надежности и методы расчета показателей надежности в приложении к технической диагностике. Рассмотрены вопросы идентификации состояния объекта по измеренным диагностическим параметрам и оценки его ресурса.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;

press@bmstu.ru; www.baumanpress.ru