

Гарантированная НАДЕЖНОСТЬ

Г. В. САКОВИЧ

Во второй половине XX века стратегическое ракетное вооружение становится стабильным гарантом безопасности страны и основой ее обороноспособности. Федеральный научно-производственный центр «Алтай» начал свою работу в конце 50-х годов с создания твердого топлива для первой межконтинентальной баллистической ракеты. За прошедшие полвека здесь разработаны методологии проектирования твердотопливных зарядов для ракет наземного и морского базирования, а также оценки и контроля их пригодности и надежности. В Центре исследованы и получены перспективные высокоэнергетические материалы, созданы новые промышленные технологии и производства, успешно работающие на предприятиях страны

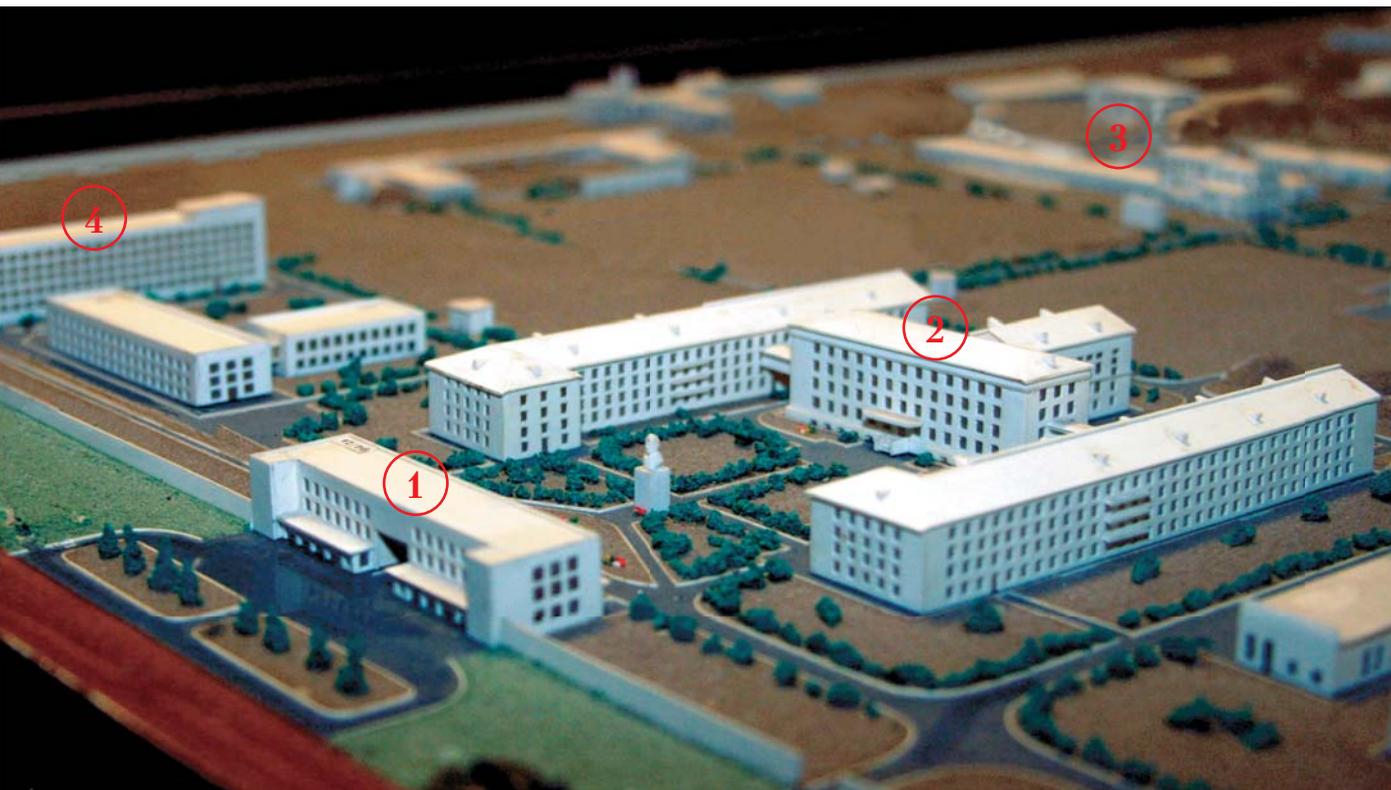
К началу Великой Отечественной войны в СССР были разработаны ракетные пороха, в результате чего арсенал Красной Армии пополнился реактивными минометами – легендарными «Катюшами». Реактивные снаряды содержали пороховую шашку, способную гореть определенное время, создавая в полете тягу. Это было ракетное оружие тактического назначения. Однако ядерная угроза, возникшая на исходе войны, поставила перед советскими учеными новые задачи исключительной сложности. За несколько лет им удалось преодолеть значительное отставание нашей страны в области ядерных вооружений, создать ракетное оружие стратегического назначения. Космический запуск спутника в 1957 году продемонстрировал уровень развития ракетных технологий в СССР, а наши военные тогда же получили межконтинентальное оружие, которого еще не было у США, – стратегические ракеты на жидком топливе Р-7.

Ракетная техника на жидком топливе была малонадежной и сложной в эксплуатации, имела ограниченный срок боевой готовности. Постепенно наметилось серьезное отставание в развитии отечественного ракетного вооружения, поскольку американцы ускоренными

Ключевые слова: твердое ракетное топливо (ТРТ), ракетный двигатель на твердом топливе (РДТТ), энергетика топлива, качество РДТТ, физикомеханика ТРТ, технология
Key words: solid propellant, solid propellant rocket engine, fuel power, impulse-weight ratio, solid propellant physicomechanics, technology



САКОВИЧ Геннадий Викторович – академик РАН, доктор технических наук, профессор. Первый заместитель генерального директора (1961—1984), генеральный директор (1984—1997) ФГУП «ФНПЦ «Алтай». Научный руководитель Института проблем химико-энергетических технологий СО РАН. Член Межведомственного координационного совета по проблемам спецхимии. Научные интересы: физико-химические технологии, высокоэнергетические материалы. Герой Социалистического Труда (1990). Награжден орденами Ленина (1976, 1990), Трудового Красного Знамени (1966) и «За заслуги перед Отечеством» III степени (2006). Лауреат Ленинской премии (1984), Государственных премий (1970, 1994), премии Совета Министров СССР (1990) и премии им. М. А. Лаврентьева «За выдающийся вклад в развитие Сибири и Дальнего Востока» (2003). Автор и соавтор более 500 научных работ и 250 патентов.



Единственный в России научно-образовательный и производственно-технологический комплекс территориально расположен на одной площадке наукограда Бийска. Здесь эффективно сочетаются фундаментальные исследования (Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН [1]), научно-технические и технологические разработки (ФНПЦ «Алтай» [2] с опытными производствами [3]) и подготовка специалистов высшей квалификации (Бийский технологический институт Алтайского государственного технического университета [4])

Тяжелая ракетная техника активно использует двигатели, работающие как на твердом, так и на жидком топливе. Оба вида имеют свои достоинства и недостатки, поэтому проблема выбора решается, как правило, в зависимости от назначения ракет.

Ракеты на твердом топливе характеризуются почти стопроцентной надежностью и безопасностью в эксплуатации, значительной тягой и постоянной готовностью к боевому запуску на протяжении десятков лет. С другой стороны, ракеты на жидком топливе имеют существенные преимущества в регулировании величины и направления реактивной тяги. Например, первая советская ракета стратегического назначения Р-7, принятая на вооружение, работала на жидком топливе. Однако горючее закачивалось в баки в течение примерно 12 часов, а готовность ракеты к выполнению боевой задачи ограничивалась всего сутками, поскольку топливо начинало испаряться. При наступлении критического срока приходилось либо запускать ракету, либо сливать токсичное топливо, что в армейских условиях сделать непросто.

К сожалению, до сих пор многие отечественные подводные лодки вооружены ракетами на жидком топливе. Невозможность полного исключения их течи в автономном плавании создает серьезные риски, служащие мощным аргументом в пользу оснащения подводного флота исключительно твердотопливными ракетами.

Однако для огромных космических ракет при хорошо отлаженной инфраструктуре их обслуживания, запуска и эксплуатации проще и дешевле использовать жидкое топливо. Весь процесс подготовки к старту, связанный с заправкой, занимает 2—3 дня. Для космической отрасли такие сроки вполне приемлемы.



Наземное стендовое испытание ракетного двигателя позволяет замерить его рабочие энергетические характеристики для определения их соответствия проектно-расчетным значениям и подтвердить его гарантированную надежность, в том числе с помощью имитации запредельных нагрузок и воздействий



Подготовка к снаряжению корпуса первой ступени твердотопливной межконтинентальной баллистической ракеты, принятой на вооружение. Вес монозаряда – 45 тонн

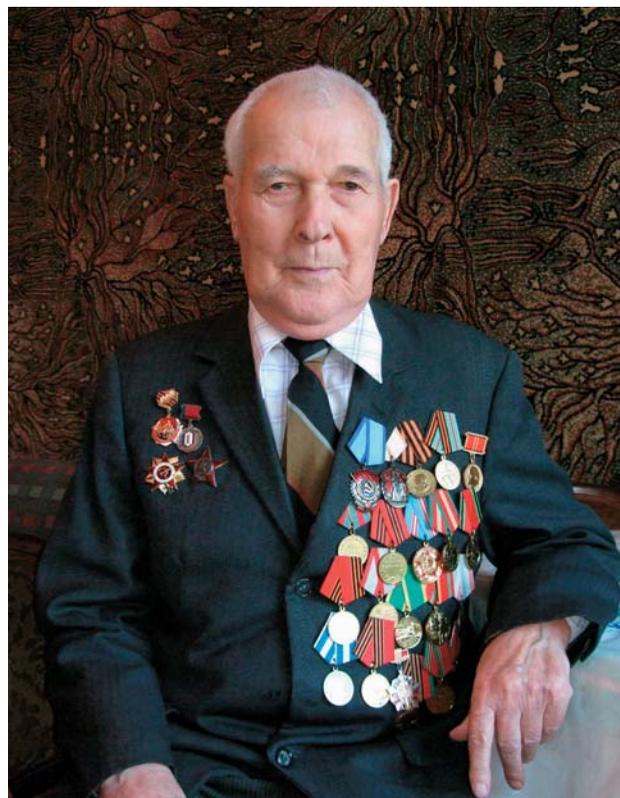
темпами развернули производство крупногабаритных ракетных двигателей на твердом топливе (РДТТ) для комплектации баллистических ракет как подводного базирования, так и шахтного размещения. Единственный выход из этой ситуации заключался в скорейшей разработке тяжелой ракетной техники на основе отечественных высокоэнергетических твердых топлив, которые еще предстояло создать.

В 1958 году вышло постановление советского правительства о создании НИИ-9, известного сегодня как Федеральный научно-производственный центр «Алтай», задачей которого была разработка и промышленное получение энергоемких твердых топлив и взрывчатых веществ самого широкого назначения. Основные усилия ученых и специалистов центра были сосредоточены на создании высокоэффективных твердотопливных зарядов для межконтинентальных баллистических ракет (МБР). Уже в 1967 году на параде военной техники по Красной площади проехала первая твердотопливная МБР с двигателями, снаряженными на «Алтае».

Испытания ракетных двигателей проводились не только на полигоне НИИ-9 (ФНПЦ «Алтай»), но и при запуске ракет наземного и морского базирования с северных полигонов страны в Плисецке и Северодвинске. Головные части ракет принимались на Камчатке.

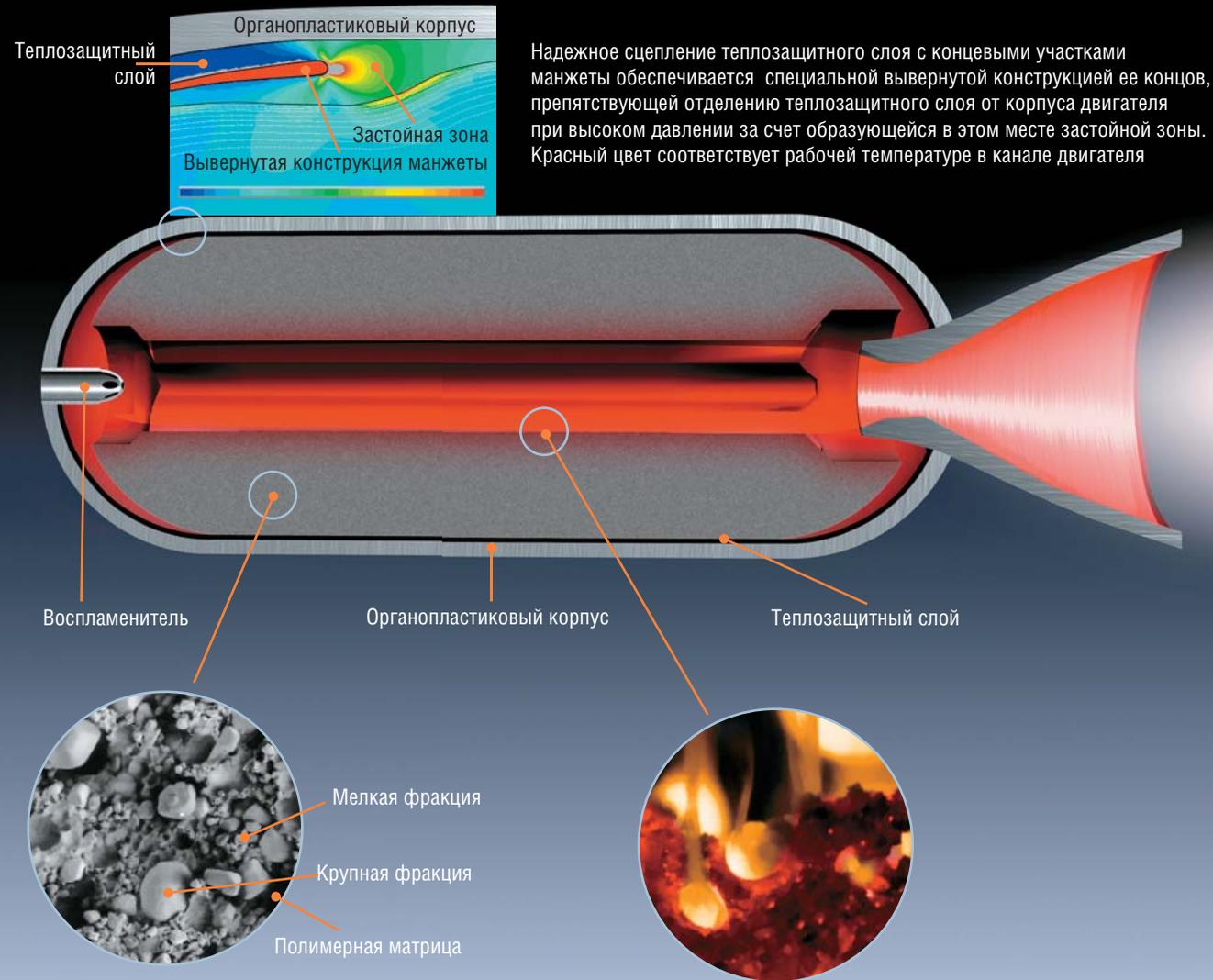
Траектория полета ракеты должна быть рассчитана очень точно, чтобы потом можно было легко найти место попадания. Однако не обошлось без ошибок, и тогда для обнаружения фрагментов ракеты на вертолете отправлялась группа аналитиков, следовавшая за ней в соответствии с расчетной траекторией полета и показаниями специально разработанного поискового комплекса.

Для полномасштабных проверок производились запуски ракет в Тихий океан. Цель находилась в нейтральных водах недалеко от Гавайских островов. В этом случае обязательно ставились в известность все заинтересованные стороны, в частности, рассылались сообщения судам с предупреждением о готовящемся запуске и рекомендацией не заходить в опасный район



Владимир Карпович Жулдыбин (р. 07.11.1924)
Осенью 1941 г. поступил в военное училище. Воевал под Сталинградом с зимы 1942 г. до весны 1943 г. Дважды ранен в боях за освобождение Украины. Воевал в Польше, участвовал в наступлении на Берлин, освобождал Прагу. День Победы встретил в Бресте.
В войну дослужился до звания старшего лейтенанта, а в год 50-летия Победы стал майором.
После демобилизации в 1947 г. отправился домой, в Алтайский край. Поступил в филиал Алтайского политехнического института при Рубцовском тракторном заводе, где работал техником-конструктором
В январе 1961 г. пришел в НПО «Алтай», начав работать в должности начальника конструкторского отдела. Занимался разработкой нестандартного оборудования, курировал его работу как на опытном заводе НПО «Алтай», так и после внедрения на серийных заводах. В 1985 г. вышел на пенсию.
За боевые заслуги Владимир Карпович награжден орденами Отечественной Войны I и II степени, орденом Красной Звезды и медалями, получал благодарности от Верховного Главнокомандующего.
За активное участие в создании новой спецтехники в НПО «Алтай» награжден орденом Октябрьской Революции, получил почетное звание «Заслуженный изобретатель РСФСР»

Василий Митрофанович Аксененко (р. 20.05.1921)
Призван в армию в октябре 1942 г. Сержант, наводчик САУ-100. Освобождал Украину, Молдавию, Румынию, Западную Украину, Западную Белоруссию, Польшу и Германию. 29 апреля 1945 г. ранен в Берлине, после выздоровления в феврале 1946 г. демобилизован.
Окончил химический факультет Томского государственного университета в 1951 г. и аспирантуру при Томском политехническом институте. Доктор химических наук.
С ноября 1960 г. работал в НПО «Алтай». Сначала был начальником лаборатории, затем возглавил ведущий контрольно-аналитический отдел. Подготовил около 10 кандидатов наук. Активно участвовал в общественной жизни предприятия, в работе его научно-технического совета.
В ноябре 1998 г. ушел на пенсию, оставаясь членом докторского диссертационного совета.
За боевые заслуги Василий Митрофанович награжден орденом Красной Звезды, орденом Отечественной войны I степени, медалями «За победу над Германией», «За взятие Берлина», «За освобождение Варшавы».
Во время работы в НПО «Алтай» награжден орденом Трудового Красного Знамени и орденом «Знак Почета», получил почетное звание «Заслуженный химик РСФСР»



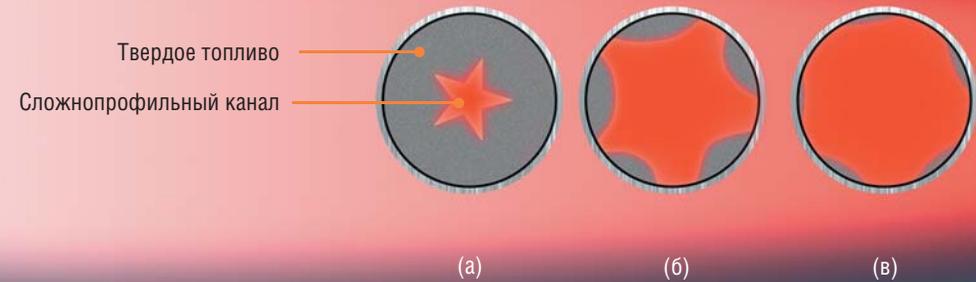
Надежное сцепление теплозащитного слоя с концевыми участками манжеты обеспечивается специальной вывернутой конструкцией ее концов, препятствующей отделению теплозащитного слоя от корпуса двигателя при высоком давлении за счет образующейся в этом месте застойной зоны. Красный цвет соответствует рабочей температуре в канале двигателя

Представленная на микрофотографии структура топлива определяется отличающимися примерно на порядок частицами крупной и мелкой фракций окислителя, которые соединены между собой эластичным горючим материалом или полимерной матрицей. Использование различных фракций окислителя в структуре топлива обусловлено соображениями наиболее плотной упаковки его частиц в связующем материале

Процесс горения-разложения частиц крупной фракции окислителя на поверхности канала работающего двигателя

УСТРОЙСТВО РАБОТАЮЩЕГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

В размещенную в корпусе топливную смесь с обоих торцов вставляются формовочные стержни нужной конфигурации. После их удаления внутри затвердевшей массы образуется центральный канал со сложным профилем открытой поверхности, при горении которой в канале создается расчетное давление. Процесс возгорания топлива инициируется воспламенителем, доводящим рабочую температуру внутри двигателя до 4000 К. Равномерное сгорание топлива с заданной линейной скоростью при рабочем давлении в 150 атм осуществляется по открытой поверхности заряда, внутренняя поверхность корпуса защищена от воздействия высоких температур слоем несгоревшего топлива практически до окончания работы двигателя. Торцевые части заряда защищены от прогорания эластичными термостойкими манжетами



Вид поперечного сечения двигателя на начальном (а), промежуточном (б) и конечном (в) этапах его работы отражает трансформацию сложнопрофильного центрального канала в процессе выгорания топлива

Топливо и двигатель как одно целое

Благодаря возможностям новых химических технологий, в 1950-е годы начал развиваться способ получения разнообразных смесевых твердых топлив на основе замешивания горючего полимерного материала с кристаллами окислителя. Напоминавшая вязкое тесто смесь потом затвердевала. Появилась возможность отливать таким способом твердые топливные элементы очень больших размеров (сегодня вес подобной отливки может достигать 100 т).

При создании высокоэффективной межконтинентальной ракеты к смесевому топливу предъявляются исключительно жесткие требования. Основным кри-

терием эффективности топлива является его энергоемкость, способность при малом количестве выделять большую энергию. Для снижения общего веса ракетные конструктивы делают уже не из металла, а из высокопрочного и сравнительно легкого органопластика. Некоторые виды топлива выгорают с огромной скоростью (скажем, тонна в секунду), но при этом ракета должна быть надежно защищена от воздействия экстремальных температур внутри работающего двигателя.

Смесевое топливо помещается и формируется непосредственно в корпусе двигателя, полностью занимая рассчитанный для него объем. Прилегающий к стенкам топливный слой защищает их от пагубного воздействия высоких температур фактически в течение всего времени работы двигателя. Этот слой должен быть на-



Межконтинентальная баллистическая ракета оснащена несколькими десятками твердотопливных двигателей самого различного назначения и величины: от маршевых многотонных монолитных зарядов для трех ее ступеней до вспомогательных зарядов с весом от десятков граммов до килограммов. Все они должны обладать высокой гарантированной надежностью и оптимальными весогабаритными параметрами, поскольку входят в полезную нагрузку ракеты.

Работа такого крохотного двигателя позволяет огромной ракете совершать различные маневры в полете. В боевом снаряжении межконтинентальной баллистической ракеты мелочей нет

крепко приклеен к внутренним стенкам корпуса, иначе, в случае его отклеивания, внутри двигателя образуется дополнительная поверхность, искажающая расчетную работу двигателя.

Поскольку топливо и корпус имеют различающиеся на порядок коэффициенты расширения, необходимо учитывать влияние суточных и сезонных перепадов внешних температур на возможность разрыва топлива или его отклеивания от стенок двигателя. Нельзя допускать и разокисления находящегося в топливе кристаллического окислителя. Все перечисленные требования должны выполняться в течение двадцати лет – гарантированного срока несения ракетой боевого дежурства.

Современные ракетные двигатели на твердом топливе – это уникальные устройства, позволяющие ракете быстро разогнаться до огромной скорости и совершать маневры в полете, обеспечивающие безотказную работу различных функциональных модулей для выполнения общей боевой задачи. Хотя люди, создающие это сложнейшее вооружение, основную свою задачу всегда формулировали просто – главное, чтобы не было войны. Слишком высока была цена Великой Победы!



Слева-направо, верхний ряд: начальники отделов И. И. Анисимов, Р. Г. Калимуллов, А. Е. Горощенко; средний ряд: начальник отдела Н. Т. Аполонский, главный технолог Т. В. Манакова, начальник производства С. З. Ситдикова, заместитель генерального директора по науке В. Ф. Комаров, начальник отдела Ю. Н. Одинцов; нижний ряд: начальники отделов В. М. Аксененко и В. К. Жулдыбин, почетный директор ФНПЦ «Алтай» Г. В. Сакович, заместитель генерального директора Б. И. Ворожцов, начальник отделения Б. М. Аникеев

Ветераны-руководители ведущих подразделений НИИ-9 – АНИИХТ – НПО «Алтай» – ФГУП «ФНПЦ «Алтай» пришли на производство молодыми специалистами и стояли у истоков предприятия, пройдя вместе с ним все славные вехи 50-летнего становления и развития. Стойкие и преданные важному делу ученые и специалисты выполнили свой долг по укреплению обороноспособности страны.

Литература

Федеральный научно-производственный центр «Алтай» / Под ред. А. В. Литвинова // Приобские ведомости. 2008.

Соломонов Ю. С. Ядерная вертикаль. События и мысли. М.: Издательский дом «Интервестник», 2009.

Алинкин В. Н., Милехин Ю. М., Пак З. П. Пороха, топлива, заряды. Т. 1. Методы математического моделирования для исследования зарядов твердого топлива. М.: Химия, 2003. 216 с.

Структурные механизмы формирования механических свойств зернистых полимерных композитов / Под ред. В. В. Мошова. Екатеринбург, 1997.