

Глава 2

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ, ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА РКТ

Как было показано в гл. 1, разнообразие возможностей испытательных систем должно соответствовать разнообразию и сложности испытываемых объектов, а также воздействующих на них внешних и внутренних факторов при различных условиях эксплуатации.

По материалам различных источников, затраты на проведение наземных испытаний создаваемых изделий РКТ могут достигать до 50...80 % от общих затрат. Поэтому вопросы эффективности национальной испытательной системы имеют немаловажное значение.

Система испытаний изделий РКТ представляет собой сложную открытую динамическую систему, включающую десятки тысяч элементов и их связей. Внешней средой, или управляющей системой (УС) для испытательной системы как объекта управления (ОУ) выступает государство в лице федерального органа (например, Роскосмос, Министерство обороны). Следовательно, эффективность управления системой испытаний можно определить приведенным в гл. 1 соотношением

$$H(Z/X) = H(X)_{\max} - H(Z) + H(X/Z).$$

Из данного соотношения следует, что эффективность управления $H(Z/X)$ (планирования, проектирования и создания экспериментальной базы, организации и проведения работ и т.д.) напрямую зависит от степени организованности испытательной системы $H(X)_{\max}$. Уменьшению неопределенности ОУ, в частности, способствует оптимизация структуры системы (элементов и их связей, функций, полномочий и т.п.) с целевой функцией, определяемой задачами государственной космической программы.

Поток отрицательной энтропии $H(Z)$ есть не что иное, как ресурсное обеспечение испытательной системы со стороны государства в виде финансового, кадрового, научно-технического, технологического и социального обеспечения. Интенсивность данного потока определяется, с одной стороны, государственными целевыми проектами, а с другой – уровнем контроля текущего состояния и прогноза появления у испытательной системы свойств, характерных для систем, переходящих из стационарного в неустойчивое состояние. Одним из объективных интегральных критериев, определяющих степень деградации системы, является средний возраст работников.

Эффективность управления испытательной системой в немалой степени зависит от неопределенности, возникающей при получении управляющей системой объективной информации, $H(X/Z)$. Несоответствие между предполагаемым и реальным положением дел автоматически приводит к неадекватным управленческим воздействиям. Единственным способом решения данной проблемы является уменьшение доли человеческого фактора как источника неосознанной или сознательной дезинформации и увеличение доли автоматизированных систем информационного сопровождения (систем планирования, анализа, контроля и т.п.).

Авторы не ставили перед собой задачу исчерпывающего описания состава и технических характеристик испытательных систем, применяемых в ракетно-космической технике, тем более что этой теме посвящено немало трудов [1–3], а также публикаций в журналах и интернете. Темой данной главы является лишь демонстрация внимания, которое уделяется национальным испытательным системам ведущими космическими державами, а также анализ соответствия текущего состояния и перспектив развития испытательной системы России целям и задачам национальной космической программы.

2.1. Зарубежный опыт построения и функционирования национальных испытательных систем

Национальная испытательная система представляет собой совокупность элементов, отношений и связей между ними, образующих определенную целостность. Национальная испытательная система каждой страны характеризует в определенной степени уровень развития космической деятельности и ее научно-технический потенциал.

К основным элементам национальной испытательной системы можно отнести:

- государственные органы по управлению космической деятельностью;
- государственные органы – заказчики РКТ;
- научные центры, организации, частные компании, участвующие в программах по космосу, исследовательских работах по созданию РКТ;
- испытательные средства и оборудование;
- технологии и научные разработки, включающие методы математического моделирования объектов техники и различных рабочих процессов в них;
- методические и нормативные документы по созданию, отработке, изготовлению, контролю качества, сертификации изделий РКТ;
- средства автоматизации процессов измерения, регистрации, обработки и анализа данных, в том числе результатов испытаний РКТ;
- испытательные кадры и уровень их профессиональной подготовки;
- финансовые средства, выделяемые на развитие испытательной системы.

Каждый из перечисленных элементов играет важную роль в обеспечении нормального функционирования национальной испытательной системы и ее эффективности, поскольку может изменяться в условиях социально-экономического и научно-технического развития страны, а потому прямым или косвенным образом может влиять на работу системы и, как следствие, на качество и надежность РКТ. Состояние национальной испытательной системы и качество РКТ неразрывно связаны между собой.

Вместе с тем среди элементов испытательной системы следует выделить один – главный, так как от него зависят эффективность всей системы и жизнеспособность каждого из ее элементов. Это – финансовые средства, направляемые государством на содержание и развитие испытательной системы.

Элементы национальных испытательных систем характеризуются своими количественными и качественными признаками.

Количественными признаками элементов национальных испытательных систем являются число государственных и целевых программ по космосу, число научных центров, организаций, фирм и компаний, вовлеченных в процесс создания РКТ, число разного вида испытательных стендов, число обязательных для исполнения нормативных, технических, технологических документов и стандартов по испытаниям, число используемых при отработке РКТ современных измерительно-управляющих систем, автоматизированных систем работы с данными, численность персонала, объемы финансовых средств, направленных на создание и функционирование национальных испытательных систем.

К качественным признакам элементов национальных испытательных систем следует отнести степень влияния государственных органов, научных центров и частных компаний на развитие испытательной системы, масштабность и актуальность принятых программ по космосу, технический уровень испытательного оборудования и измерительно-управляющих систем, уровень автоматизации работ с большими объемами данных, научность и обоснованность используемых методов оценки качества и надежности изделий РКТ, объективность процедуры сертификации, образовательный и профессиональный уровень работников испытательной системы.

Оценка уровня развития национальных испытательных систем с использованием перечисленных признаков чисто условная. Вместе с тем, учитывая, что сравнение одной системы с другой всегда проводится по каким-либо критериям, параметрам или характеристикам, можно утверждать, что выбранные элементы, характеризующие национальные испытательные системы, позволяют, пусть с некоторой неточностью, оценить состояние национальной испытательной системы каждой страны в общем виде.

Результатом функционирования каждой национальной испытательной системы является предоставление заказчику качественной и надежной техники,

удовлетворяющей потребности государственных органов и служб, государственных и коммерческих фирм и частных компаний, разных слоев населения.

Снижение эффективности национальной испытательной системы из-за ухудшения состояния одного или нескольких ее элементов может привести к недостаточно полной отработке РКТ, получению необъективной информации об изделии. В дальнейшем это негативным образом скажется на работе изделия в реальных условиях и приведет к возникновению большей вероятности аварии, потере дорогостоящей техники, значительному ущербу от случившегося и снижению имиджа страны как высокотехнологичного государства.

В таких государствах, как США, Китай, Индия, Япония, страны Европейского сообщества, имеющих испытательные стенды для отработки РКТ и космодромы для запуска РН, стремятся не допускать деградации национальной испытательной системы как важной составляющей успешного развития космической деятельности.

Страны Юго-Восточной Азии, которые стремятся занять свою нишу на мировом рынке космических услуг, также создают и формируют свою независимую национальную испытательную систему с использованием отечественного научно-технического потенциала или привлечением ресурсов тех государств, где аналогичные системы уже существуют и действуют.

Характеризуя национальные испытательные системы зарубежных стран, можно отметить следующее.

Управление космической деятельностью за рубежом осуществляют, как правило, национальные космические агентства, которые определяют стратегию развития ракетно-космической техники и планы освоения космического пространства исходя из потребностей своего государства в изучении ближнего и дальнего космоса, укрепления обороноспособности страны и предоставления различных услуг, касающихся дистанционного зондирования Земли, мобильной связи, телевидения, радио и навигации. Эти государственные органы организуют и обеспечивают подготовку программ и дорожных карт по наиболее перспективным направлениям развития космической деятельности, а также выделение государственных бюджетных средств научным центрам, фирмам, организациям и компаниям на проведение разного рода исследований, в том числе предусматривая затраты на функционирование и развитие испытательной системы. Иметь эффективно действующую испытательную систему является приоритетной задачей любого государства, а потому содержание и развитие национальной испытательной системы за рубежом всегда обеспечивается за счет государственных средств. Поэтому роль национальных космических агентств по отношению к функционирующим испытательным системам достаточно велика, так как от того, насколько новые и масштабные по исполнению космические программы будут приняты, зависят перспектива развития испытательных систем и результаты создания качественной и надежной техники.

Во всех странах, активно занимающихся ракетно-космической техникой и космосом, создана и эксплуатируется испытательная база, являющаяся элементом национальной испытательной системы. Испытательная база предназначена для обеспечения обработки ЖРД, ДУ ЖРД, РН, космических аппаратов (КА), их агрегатов и элементов, материалов и отдельных конструкций изделий, технологического оборудования наземной инфраструктуры космодромов и стартовых комплексов, проведения исследовательских работ по разработке современных образцов РКТ и изучению рабочих процессов в них.

Испытательная база включает в себя стенды, экспериментальные установки и сооружения с научным и технологическим оборудованием, которые позволяют проводить различные виды испытаний РКТ, исследовать процессы, протекающие в системах стенда и изучаемого объекта техники. Полученная при выполнении этих работ информация используется для оценки состояния уже разработанных объектов техники или создания задела для будущих перспективных проектов. Уровень требуемого развития испытательной базы определяется уровнем сложности того объекта техники, который следует испытать.

В ходе изучения основных путей развития сложных технических систем и объектов техники, к которым в нашем случае относится испытательная база и изделия РКТ, было показано [4], что развитие любой технической системы характеризуется S-образной кривой, представленной в общем виде на рис. 2.1. Горизонтальная ось – это ресурсы, затраченные на техническую систему, вертикальная ось – ее технические показатели.



Рис. 2.1. Этапы (1...4) эволюции технических систем

На этапе 1 S-образной кривой создается принципиально новая техническая система. Это может быть изделие, выполняющее новую функцию или уже известную функцию, но за счет реализации нового принципа. На этапе 1

решается задача создания работоспособного образца технической системы. Когда система заработала, реализуя новый принцип функционирования, она переходит на этап 2 своего технического развития.

На этапе 2 технические параметры системы растут пропорционально вложению как финансового, так и интеллектуального капитала. Система с новыми характеристиками превосходит предшествующие образцы по качеству и надежности. У новой системы появляются вспомогательные системы (устройства), которые делают ее более эффективной (например, для ЖРД в качестве вспомогательных могут выступать подсистемы, обеспечивающие многоразовый запуск, работу в широком диапазоне тяги). На этапе 1 развития вспомогательные системы были еще не нужны (лишь бы ЖРД заработал). На этапе 2 система может начать разветвляться на разные системы, предназначенные для работы в различных условиях или выполняющие несколько различные функции. Когда же потенциально возможные ресурсы исчерпаны и с помощью вспомогательных систем новая техническая система доведена до максимума возможных показателей, она переходит на этап 3.

На этапе 3 технические системы имеют тенденцию объединяться с другими объектами, образуя полезные гибриды (например, использование модификации ЖРД РД-191, разработанного для семейства РН «Ангара» в новых РН «Союз»).

На этапе 4 развития у объекта техники или технической системы технические показатели снижаются с максимально возможного уровня до уровня, который необходим для конкретного случая. Объект или система на этапе 4 могут быть полезны, но уже не своей изначальной функцией, а как носители определенной информации.

Все указанные этапы развития сложных технических систем и объектов характерны и для испытательных баз национальных испытательных систем и РКТ. Испытательные базы имеют разный технический уровень и находятся на разных этапах своего развития. В ходе создания современной РКТ испытательные базы и испытательные технологии постоянно изменяются. Вместе с тем важно, чтобы техническое состояние испытательных баз соответствовало этапам 2 и 3 развития, так как в этом случае обеспечивается готовность испытательных стендов к работе без существенной их модернизации и подготовке к испытаниям.

Испытательная база включает в себя стенды и сооружения с научным и технологическим оборудованием, которые позволяют проводить различные виды испытаний РКТ и исследования рабочих процессов, протекающих в системах стенда и изучаемого объекта техники. При этом стенды испытательной базы не являются универсальными, они предназначены для испытаний определенного вида РКТ и создания в ходе испытаний условий, максимально приближенных к реальным. В рамках существующей национальной испытательной системы обеспечивается обработка всех видов РКТ:

космических аппаратов, их узлов, бортовой аппаратуры и аппаратуры наземной системы управления;

космических транспортных систем и стартовых комплексов;
ракетных двигателей и двигательных установок.

Отработка проводится по соответствующим планам экспериментальной отработки изделий РКТ, циклограммам с использованием различных технологий и технических средств, которые необходимы для выполнения технических заданий на испытания РКТ. Работы выполняются с соблюдением всех требований по организации и проведению испытаний, а также действующей системы менеджмента качества.

Испытательные базы как элемент национальных испытательных систем важны для создания качественной и надежной РКТ, так как только на основе проведенных испытаний, зарегистрированных параметров и обработанных с допустимой погрешностью результатов испытаний можно получить достоверную оценку технического состояния объекта техники и его готовности к началу эксплуатации. Это, в свою очередь, требует использования на стендах и экспериментальных установках испытательных баз современных аппаратурных средств и оборудования, совершенных расчетных и оценочных методов работы с данными и ясного представления о протекающих процессах в системах изделия и стенда. Такое представление всегда должно подтверждаться инженерными расчетами или математическим моделированием.

Принимая во внимание сложность РКТ, в ходе ее разработки и создания необходимо проводить испытания отдельных агрегатов, узлов и элементов, макетов и натуральных образцов этой техники. Путем создания условий воздействия на испытываемый объект различных факторов, которые имеют место в штатных условиях, исследуется поведение самого изделия в условиях имитации реальной окружающей среды. Ракетно-космическая техника функционирует в условиях, коренным образом отличающихся от условий функционирования других видов техники. Это высокие скорости полета (до 20...25 М), высокая степень разрежения окружающей среды (до 10^{-11} ... 10^{-14} Па), невесомость либо очень малые перегрузки, радиационная и метеоритная опасность.

Поскольку нельзя создать на одном стенде условия штатной эксплуатации РКТ в полном объеме, в процессе отработки изделий на разных этапах жизненного цикла используют разные по назначению стенды национальной испытательной базы, на которых проверяют работоспособность объектов техники и их рабочие характеристики.

Для того чтобы быть независимыми, национальные испытательные базы имеют в своем составе самые разные по назначению стенды для испытаний отдельных агрегатов, узлов, материалов, блоков, элементов РКТ, технологических систем и оборудования. На стендах стремятся воспроизвести условия работы с воздействием на конструкцию изделия температуры, давления, виб-

рации, электромагнитных полей, акустики и обеспечить проверку работоспособности изделий РКТ, включая их аппаратуру, при максимально допустимых нагрузках и наиболее критичных режимах работы.

Мировая практика разработки и создания современных образцов РКТ свидетельствует о том, что от 50 до 80 % общих издержек составляют затраты на создание научно-технического задела и проведение исследований на наземных стендах и экспериментальных установках. Подготовка стендов включает адаптацию всех систем стенда под конкретное изделие и обеспечение работы этих систем с учетом требований заказчика проведения испытаний. Затраты на адаптацию стендов являются неизбежными расходами при проведении испытаний РКТ. Поэтому в условиях существующих национальных испытательных систем всегда рассматривается необходимость снижения затрат, связанных с отработкой изделий, в том числе затрат на подготовку стендов к работе, и поиска возможных путей экономии средств, выделенных на проект создания объекта техники, без ущерба его качеству и надежности.

В отдельных государствах, где развиты рыночные условия, космические проекты реализуются с привлечением капитала частных компаний. В этом случае создание перспективной ракетно-космической техники и ее испытания пытаются осуществлять на основе частно-государственного партнерства, когда для выполнения проектов и снижения затрат на них используются помимо бюджетных средства коммерческих компаний. Последние получают долгосрочную перспективу участия в реализации масштабных государственных проектов по космосу.

Национальные испытательные системы за рубежом существуют и развиваются в условиях жесткой конкуренции, созданной для государственных и частных компаний, поэтому, размещая заказ на ту или иную работу, уполномоченные в области космической деятельности государственные органы получают возможность уменьшать затраты на создание РКТ за счет снижения цены со стороны исполнителя заказа, который, участвуя в тендере, всеми путями стремится получить выгодный для него контракт, для чего снижает стоимость своих работ в сравнении с другими участниками тендера.

Известно, что стоимость отработки РКТ включает в себя полную стоимость всех работ, связанных с проведением испытаний на всех этапах жизненного цикла изделия:

$$C_{\text{полн}} = \sum_1^n C_{\text{обр}} + \sum_1^n C_{\text{исп.обр}} + \sum_1^n C_{\text{упр}} + \sum_1^n C_{\text{мет}} + \sum_1^n C_{\text{тран}} + \sum_1^n C_{\text{исп}},$$

где $C_{\text{полн}}$ – полная стоимость всей программы экспериментальной отработки

РКТ; $\sum_1^n C_{\text{обр}}$ – суммарная стоимость всех необходимых опытных образцов на

всех этапах испытаний в количестве, предусмотренном программой;

$$\sum_1^n C_{\text{исп.обор}}, \sum_1^n C_{\text{упр}}, \sum_1^n C_{\text{мет}}, \sum_1^n C_{\text{тран}}, \sum_1^n C_{\text{исп}} - \text{суммарные стоимости работ}$$

по созданию, изготовлению и освоению испытательного оборудования, по созданию информационно-управляющих и измерительных систем, по разработке методов и методик испытаний, транспортировки и непосредственного проведения испытаний соответственно; n – число этапов испытаний (от испытания материала или элемента, применяемого в сложной технической системе, до натуральных испытаний полностью укомплектованной сложной системы).

Для уменьшения стоимости создания и отработки РКТ специалисты национальных испытательных систем стремятся в своей деятельности внедрять и использовать методы математического моделирования. Эти методы позволяют сокращать затраты на отработку РКТ и еще до начала натуральных испытаний исследовать рабочие процессы, протекающие в системах испытательных стендов и испытываемых изделий. Причем для этого используются современные программно-вычислительные средства и оборудование, обеспечивающие высокую скорость проводимых расчетов, построение графических зависимостей и создание математических моделей исследуемых объектов и процессов. Это становится обычной практикой в деятельности как государственных, так и частных компаний.

Примером являются работы по ракетным двигателям, которые разрабатывались в России, Франции и США. В последние годы в ходе выполнения работ стало ясно, что классический метод, когда изготавливалось большое число опытных экземпляров для испытаний, устарел. Сегодня, когда возможности вычислительной техники очень высоки, особенно с появлением суперкомпьютеров, можно обеспечить физико-математическое моделирование процессов, создать виртуальный двигатель, проиграть возможные нештатные и аварийные ситуации и только после этого приступать к изготовлению самого двигателя. При создании в НПО Энергомаш для США двигателя РД-180 для ракеты «Атлас» вместо 25...30 экземпляров, которые обычно изготавливались для отработки двигателя, понадобилось всего 8, и РД-180 сразу был передан в производство [5].

Национальные испытательные системы каждой из стран – участниц космической деятельности имеют много общего и одновременно свои особенности. Общими в работе систем являются принципиальные подходы к оценке качества и надежности РКТ, которые основаны на том, что только по результатам проведенных испытаний можно дать объективную оценку технического состояния объекта и оценить соответствие параметров изделия всем заданным требованиям. Причем оценки должны быть максимально объективными и независимыми, а для этого нужны совершенные испытательные средства, включающие современную аппаратуру, датчики, научно обоснованные методы анализа, обработки и обобщения параметров, по которым проводятся

данные оценки, с возможностью автоматизации всех процедур на быстродействующих вычислительных средствах.

Несмотря на ожидаемые большие затраты, связанные с созданием и отработкой РКТ, за рубежом всегда выделяют значительные средства на обеспечение эффективной деятельности национальных испытательных систем исходя из однозначного понимания того, что насколько в полной мере будет отработана в наземных условиях РКТ, настолько она качественно и надежно будет работать в реальных условиях. Качественная и надежная ракетно-космическая техника характеризует уровень развития космической деятельности в целом, а ее результаты играют важную роль в обеспечении безопасности государства и влияют на процессы в социально-экономической и научно-технической сферах общества. До сих пор бесспорным является утверждение, что только на основе испытаний натуральных изделий, полученных результатов испытаний и объективной их оценки можно гарантировать качество и надежность РКТ. Поэтому испытательные базы и экспериментальные установки созданы и эксплуатируются в государственных научных центрах, частных компаниях или организациях, занимающихся исследованиями в области ракетно-космической техники.

Национальные испытательные системы государств со временем претерпевают определенные изменения из-за корректировки космических программ, снижения объемов испытаний РКТ, активного внедрения информационных технологий, развития новых технологий в области робототехники, новых решений в области нанотехнологий, т.е. с учетом изменений количественных и качественных признаков элементов испытательных систем.

Модернизация и развитие испытательной базы за рубежом обеспечиваются в основном за счет бюджетных средств в рамках государственных и целевых программ. Для поддержания испытательной базы в рабочем состоянии, несмотря на уровень загрузки стендов испытаниями, в обязательном порядке предусматриваются средства государственного бюджета для проведения профилактических, ремонтных и восстановительных работ, что всегда гарантирует готовность стендов к проведению испытаний и исключение огромных затрат на подготовку стендов к испытанию конкретных изделий РКТ.

Для привлечения специалистов в ракетно-космическую промышленность и решения текущих задач научные центры и частные компании осуществляют в различных формах тесное сотрудничество с университетами и институтами. Такими формами сотрудничества являются заказы учебным заведениям на проведение исследовательских работ, разработку различных вычислительных программ, алгоритмов и методов математического моделирования, обеспечение автоматизации процессов; проведение совместных семинаров и конференций; создание инновационных технопарков. Тесное научное сотрудничество и широкая разъяснительная и просветительская деятельность

позволяют несмотря на потерю в последние годы интереса у молодого поколения к точным наукам и техническим дисциплинам изыскивать резервы среди молодежи для восполнения кадровых потерь в ракетно-космической промышленности. Страны, в которых существует дефицит учебных заведений по подготовке персонала для работы в ракетно-космической промышленности, создают условия для целевого направления на обучение наиболее талантливой и способной молодежи за рубеж, что также обеспечивает решение существующих кадровых проблем. Поэтому средний возраст работающих в ракетно-космической промышленности за рубежом составляет 40 – 50 лет.

По мере накопления опыта отработки РКТ, развития науки и техники действующие нормативно-правовые документы и стандарты в области проведения испытаний за рубежом адаптируются путем внесения в них определенных корректировок. Работа по совершенствованию действующих документов проводится регулярно с учетом мнения специалистов, работающих в области сертификации РКТ.

Комплексная работа, включающая в себя использование эффективных мер по развитию космической деятельности и поддержанию и совершенствованию национальной испытательной системы, позволяет ряду стран занимать лидирующие позиции во всех секторах рынка космических и пусковых услуг и успешно реализовывать перспективные и масштабные проекты по исследованию ближнего и дальнего космоса, укреплению обороноспособности страны и предоставлению населению разного рода услуг с использованием результатов космической деятельности.

Испытательная система США. В настоящее время испытательная система США является наиболее масштабной в сравнении с аналогичными системами других стран, что связано с активной инвестиционной политикой государства и амбициями страны в области исследования и использования ближнего и дальнего космоса. Финансирование гражданской космической деятельности США, включая и финансирование национальной испытательной базы, входящей в национальную испытательную систему, осуществляется в основном через Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA) и Национальное управление по океанам и атмосфере.

Экспериментальная отработка РКТ проводится на испытательных стендах, принадлежащих NASA, Министерству обороны или частным компаниям. Всего в США 14 основных научных центров, имеющих испытательное и экспериментальное оборудование для отработки РКТ и проведения работ по исследованию и изучению различных процессов.

Самым крупным испытательным центром США является *Исследовательский комплекс им. Арнольда (Arnold Engineering Development Complex – AEDC)*, находящийся в ведении Министерства обороны США и являющийся головной

организацией по проведению исследований и испытаний двигательных установок, аэродинамики авиационной и ракетно-космической техники, баллистических ракет, военных систем космического базирования. Центр отвечает за обеспечение проведения любых испытаний, необходимость в которых может возникнуть при разработке новой техники для Министерства обороны.

США расходуют на гражданский космос в последние годы около 20 млрд дол. и потому далеко оторвались от других стран мира по результативности космической деятельности и развитию своей испытательной базы. Почти половина действующих во всех сферах космоса космических аппаратов в мире принадлежит США. Эти аппараты проходят отработку на современном испытательном оборудовании, которое постоянно модернизируется или создается вновь исходя из поставленных задач и требований текущего момента. Национальная испытательная система развивается с опережением, что позволяет США гарантировать полную отработку любого изделия РКТ независимо от уровня его сложности. По оценкам экспертов, в ближайшие 10–20 лет США не уступят первенство в космической индустрии и по-прежнему будут занимать лидирующее положение в мире по уровню создаваемой техники и масштабности реализуемых проектов несмотря на то, что на рынок космических услуг стремятся выйти страны Юго-Восточной Азии в качестве одних из основных его участников.

Высокий технический уровень испытательной базы США обеспечивается за счет того, что при принятии и реализации космических программ в США исходят из принципа прагматичности, что дает толчок для развития имеющихся испытательных стендов. Основное внимание в NASA уделяется финансированию только тех программ, которые обеспечивают поддержание лидерства США в области исследования и освоения космического пространства. А это лидерство строится на основе новых разработок и инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) с грамотной организацией процесса реализации перспективных проектов.

Механизмом стимулирования высокотехнологичных производств и инновационной деятельности в США является целевое финансирование НИОКР, которое осуществляется через министерства, ведомства и специальные фонды. Общий объем федеральных ассигнований на НИОКР ежегодно увеличивается в среднем на 3...3,5 %.

Большое внимание уделяется взаимодействию частного и государственного секторов НИОКР. Особую важность это имеет для аэрокосмической промышленности, где три четверти научных расходов обеспечивается федеральным бюджетом и одна четверть – за счет собственных средств компаний отрасли.

При этом в США поддерживаются прогрессивные формы частно-государственного партнерства, включая кооперацию бизнеса, занимающегося прикладными НИОКР, с университетами, специализирующимися на фундаментальных

научных исследованиях. Основой частно-государственного партнерства в области стимулирования исследований и разработок являются государственный заказ, создание бизнес-инкубаторов, технопарков и учреждение целевых фондов.

На перспективные космические проекты страна тратит огромные средства. В 2013 г. 1,88 млрд дол. было выделено на разработку программы создания ракеты-носителя тяжелого класса и примерно 1 млрд дол. – на разработку программы создания нового пилотируемого космического корабля. Причем около 10 % общей суммы ассигнований на эти проекты предназначены для развертывания инфраструктуры и выполнения вспомогательных работ. Одновременно с этим бюджет финансирования космических программ позволяет США реализовывать масштабные проекты по созданию новых испытательных комплексов, которые на долгое время обеспечат все потребности разработчиков при отработке самой современной техники.

Помимо высокого уровня финансового обеспечения потребности ракетно-космической промышленности созданы все условия для привлечения к работам специалистов разного профиля, что позволяет NASA иметь кадровый потенциал для выполнения любой амбициозной программы или проекта.

По данным статистики США, более четверти миллиона граждан страны работают в государственном и коммерческом секторах космической отрасли. Специалисты данной отрасли зарабатывают в два раза больше, чем специалисты частного сектора других отраслей.

Научные центры в США проводят работы по самым разным направлениям космической деятельности. Поскольку в ходе реализации космических программ стремятся исключить дублирование работ, у каждого научного центра есть своя специализация.

Исследовательский центр Эймса (Ames Research Center – ARC) проводит исследования и разработки в области информационной технологии и астробиологии, нанотехнологии, биотехнологии и систем теплозащиты.

Летно-исследовательский центр им. Драйдена (Dryden Flight Research Center – DFRC) – ведущий центр исследований в области аэронавтики. Он занимался разработкой многоразовых систем запуска.

Центр космических полетов им. Годдарда (Goddard Space Flight Center – GSFC) – единственный национальный центр, разрабатывающий, изготавливающий, испытывающий, запускающий космические аппараты (КА) и анализирующий данные своих собственных космических научных миссий. Центр выполнил разработку более чем 160 КА, включая серию геостационарных КА по наблюдению за окружающей средой, для исследования радиации, и многих других систем.

Лаборатория реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory – JPL) занимается разработкой КА для планетных исследований, научными исследованиями Земли с помощью бортовых приборов КА, фундаментальными космическими исследованиями, наблюдением и космической связью.

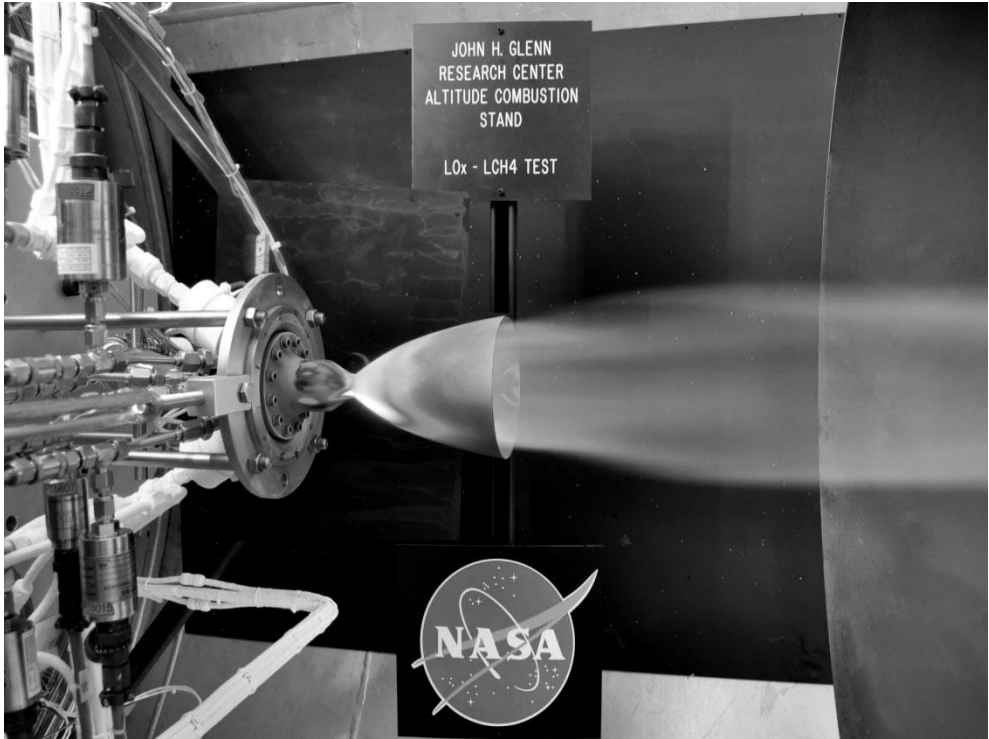


Рис. 2.2. Испытания ЖРД малой тяги в Центре Гленна

Исследовательский центр им. Гленна (Glenn Research Center) является ведущим центром NASA в области научных исследований и разработок авиационных двигателей, технологий аэронавтики, космических энергетических установок и научных исследований в области микрогравитации (рис. 2.2, 2.3).

Космический центр им. Линдона Джонсона (Lyndon B. Johnson Space Center – JSC) – ведущий центр в области космических полетов. Он осуществляет менеджмент программ Международной космической станции (МКС), исследования перспективных технологий для пилотируемых миссий, биомедицинские исследования (рис. 2.4).

Исследовательский центр Лэнгли (Langley Research Center) проводит исследования в области аэронавтики и космических технологий, изучения атмосферы.

Центр космических полетов им. Джорджа Маршалла (George Marshall Space Flight Center) является ведущим научно-исследовательским центром в области космического транспорта и двигательных систем, отработки их технологий, проектирования, разработки и интеграции (рис. 2.5). Центр обеспечивает проведение научно-исследовательских работ, доводку технологий, конструирование, разработку и интеграцию космических транспортных и

двигательных систем, включая усовершенствование элементов двигательных систем космических летательных аппаратов, многоразовых ракет-носителей, орбитальных летательных аппаратов и кораблей для полетов в дальний космос, а также квалификационные испытания новых одноразовых ракет-носителей. Центр Маршалла проводит экспериментальные исследования и отработку двигательных установок, подсистем и агрегатов и обеспечивает независимую оценку результатов испытаний.

Центр располагает уникальными стендами тепловакуумных испытаний (рис. 2.6) с воздействием тепловых нагрузок для имитации условий глубокого космоса.



Рис.2.3. Высотный стенд



Рис. 2.4. Большая термобарокамера Центра Джонсона

Космический центр им. Джона Стенниса (Stennis Space Center) – главный испытательный центр для космических двигательных установок (рис. 2.7). На Центр Стенниса возложены полномочия проведения и управления всеми испытаниями ракетных двигателей NASA. Поэтому задачами центра являются техническое обслуживание и эксплуатация уникальных стенов и вспомогательного оборудования, необходимых для отработки и проведения приемочных испытаний и сертификации ракетных систем и подсистем.



Рис.2.5. Испытательный стенд в центре им. Маршалла

На территории центра расположены стенды для испытаний различных агрегатов, ЖРД и ЖРДУ (рис. 2.8...2.12).

Центр Стенниса является самой крупной в стране испытательной базой для жидкостных ракетных двигателей и ступеней ракет.

В центре используются современные вычислительные средства и программные продукты, которые призваны обеспечить проведение испытаний в

настоящее время и в будущем. Разработка инструментальных средств программирования, программного обеспечения и компьютерного моделирования испытаний осуществляется в рамках программы новаторских исследований в области малого бизнеса, по которой Центр Стенниса может сотрудничать с малыми предприятиями и университетами.

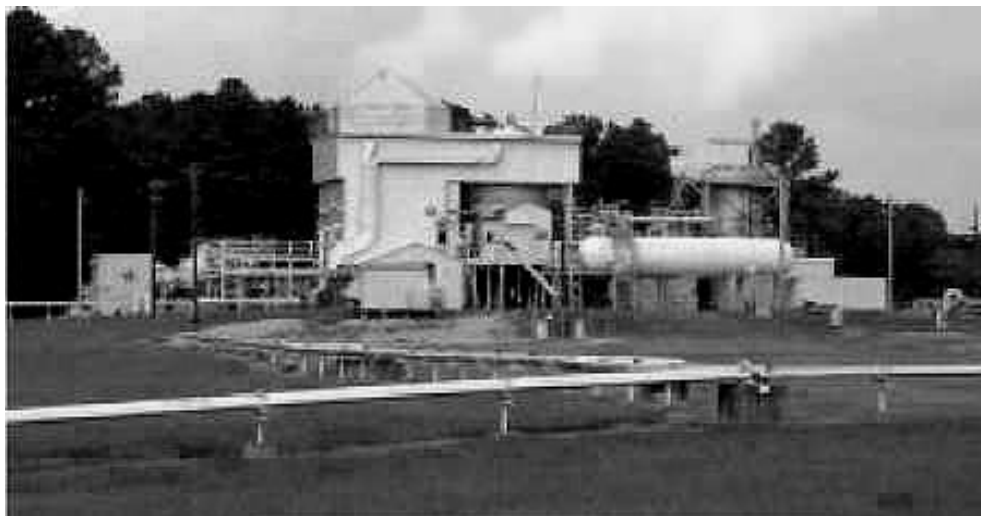


Рис. 2.6. Стенд для тепловакуумных испытаний. Центр Маршалла



Рис. 2.7. Общий вид территории Центра Стенниса

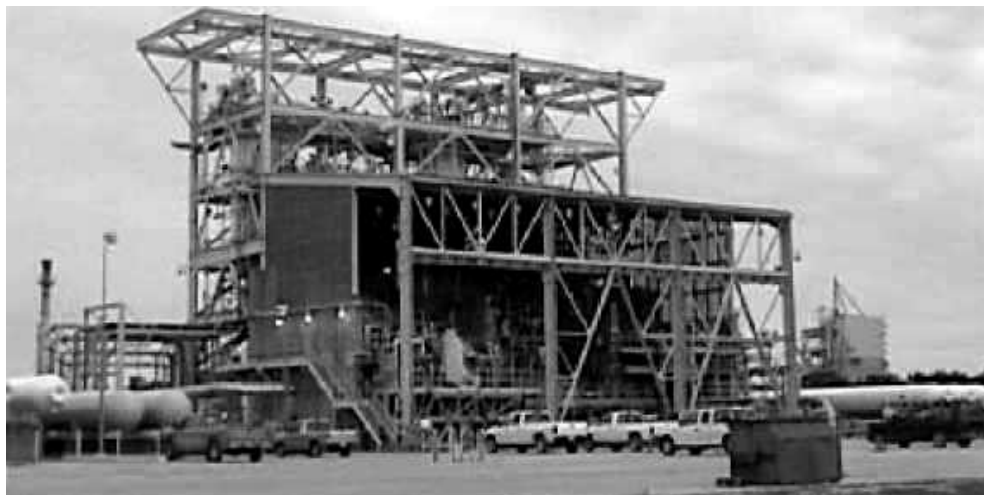


Рис. 2.8. Стенд Е-1 для испытаний агрегатов натуральных двигателей при высоком давлении



Рис. 2.9. Стенд Е-2 для испытаний агрегатов и узлов ракетных двигателей



**Рис. 2.10. Стенд А-1 для отработки и сертификации
полноразмерных двигателей**

Специалисты центра в области моделирования постоянно ищут возможное применение новых технологий в повседневной испытательной деятельности.

Математическое моделирование, основанное на применении суперЭВМ, является инструментом обеспечения конкурентоспособности. Основная причина – возрастающая экономическая эффективность математического моделирования по сравнению с натурными испытаниями.

В 2009 г. по указанию Президента США для сохранения лидирующих позиций США в области суперкомпьютерных технологий, их внедрения в науку, промышленное производство и социальные сферы разработан план действий под названием Exascale Initiative, целью которого является создание сверхмощных по производительности вычислительных машин [6]. В течение 10–12 лет производительность суперЭВМ возрастает в среднем в 1000 раз, что позволяет использовать их в решении проблем ракетно-космической промышленности.

Реализация политики частно-государственного партнерства позволяет США успешно выполнять большую часть космических программ и занимать основной сегмент космического рынка. Поскольку коммерческая космическая деятельность США в значительной степени поддерживается государственными гражданским и военным космическими бюджетами, то в целом государственная поддержка позволяет частным компаниям заниматься разработкой и реализацией новых идей и технологий с использованием ресурсов национальной испытательной системы. Это, в свою очередь, увеличивает занятость специалистов в космической промышленности. Кроме того, такая господдержка позволяет интенсифицировать НИОКР и внедрение инноваций.

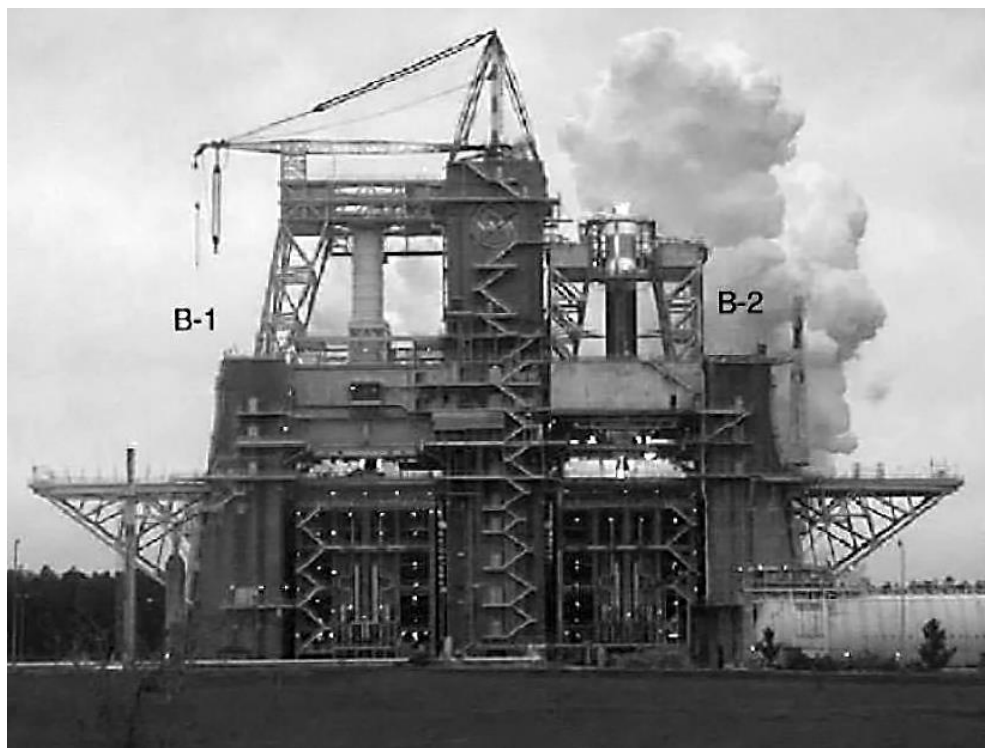


Рис. 2.11. Испытательные стенды В-1/В-2 отработки и сертификации полноразмерных двигателей/ступеней



Рис. 2.12. Испытания ракетного двигателя РН Antares в Центре Стенниса

Например, в США сегодня разрабатываются новые типы пилотируемых космических кораблей. Самый известный из них – Dragon (рис. 2.13). Проект реализует частная компания SpaceX. Компания SpaceX в своих ракетах (например, Falcon-9) использует двигатели собственной разработки. На первой ступени Falcon-9 v 1.0 использовались девять ЖРД Merlin-1С, на второй ступени – один ЖРД Merlin Vacuum, модификация первого двигателя для работы в вакууме. В ближайшее время компания планирует запустить ракету Falcon Heavy, которая обещает стать самой мощной ракетой в мире и второй по мощности в истории после Saturn V.

Несколько коммерческих компаний, например Orbital Sciences Corporation (рис. 2.14, 2.15), ведут разработку многоразовых ракет-носителей с целью удешевить запуски в космос спутников и других объектов. Эту задачу решают также государственные компании, в том числе Andrews Space, Boeing Phantom Works и Lockheed Martin Space Systems.

На конкурсной основе ведется разработка технологических проектов, направленных на создание коммерческих пилотируемых транспортных космических систем, предназначенных в первую очередь для доставки экипажей на МКС и обратно. Компании Boeing Space Exploration на разработку космического корабля отпущено 460 млн дол., корпорация Space Exploration Technologies Corp. на создание пилотируемой версии космического корабля

(КК) Dragon получила финансовые средства в размере 440 млн дол., корпорации Sierra Nevada Corp. выделено финансирование на дальнейшую разработку орбитального космолана Dream Chaser в размере 212,5 млн дол. Реализация масштабных проектов обеспечивает развитие национальной испытательной системы, так как при создании новой техники требуются обновление и модернизация испытательной базы, используемой для отработки РКТ.



Рис. 2.13. Космический корабль Dragon

С учетом предлагаемых коммерческих проектов и новых подходов к созданию РКТ в США будущие организационные и технические решения могут значительно отличаться от предлагаемых в настоящее время, что обеспечит успешное выполнение космической программы.

Основные достижения США в области ракетно-космической техники, благоприятным образом влияющие на состояние национальной испытательной системы:

самое большое государственное финансирование космической деятельности в США, позволяющее реализовывать крупные проекты и программы в различных секторах этой деятельности, не терять лидирующее положение на

мировом космическом рынке и при этом развивать национальную испытательную систему на основе последних достижений науки и техники;

четкое разделение функций между научно-исследовательскими центрами, что обеспечивает эффективность использования государственных средств и исключает дублирование работ. Приемочные и квалификационные испытания РКТ проводят уполномоченные научные центры, обеспечивающие независимую оценку качества изделий;

восприимчивость национальной испытательной системы к использованию новых разработок, а потому методы компьютерного моделирования находят все более широкое применение в технологии отработки РКТ. Потребность в имитационном моделировании при проведении испытаний постоянно растет;

создание и внедрение инноваций в области космической деятельности на основе государственной поддержки с использованием модели частно-государственного партнерства;

высокий кадровый потенциал космической промышленности, что гарантирует возможность реализовывать крупные космические проекты.



Рис. 2.14. Сборка РН Antares (компания Orbital Sciences Corporation)

Испытательная система ESA. В Европе управление космической деятельностью осуществляет Европейское космическое агентство (ESA). ESA –

одно из нескольких космических агентств, которое в мирных целях занимается практически всеми видами космической деятельности.



Рис. 2.15. Сборка и проверка модулей грузового корабля Cygnus (компания Orbital Sciences Corporation)

Ежегодный бюджет этого ведомства в среднем составляет от 4,0 до 7,5 млрд евро. Основными приоритетами расходных статей ESA являются программы дистанционного зондирования Земли, навигационные программы и программы создания ракет-носителей.

Бюджет ESA формируется за счет взносов европейских стран. В последнее время годовые взносы отдельных стран ESA составили:

Германия – от 750,0 млн до 2,6 млрд евро;

Франция – от 719,0 млн до 2,3 млрд евро;

Великобритания – 240,0 млн до 1,5 млрд евро;

Италия – около 1,1 млрд евро;

Греция – более 8,6 млн евро.

Кроме того, около 2,5 млрд евро ESA получает за счет коммерческих проектов.

ESA в 2014 г. потратило на свои программы 4,102 млрд евро. Основной статьей расходов являлись программы, связанные с наблюдением за Землей. На эти цели отводилось 22,3 % бюджета, или 915,9 млн евро. Следующими по значимости были расходы на навигационные системы и строительство и разработку ракет-носителей – 15,4 % (630,2 млн евро) и 15,1 % (617,4 млн евро) соответственно. Наконец, четвертой ключевой статьей расходов являлись пилотируемые полеты – на это отведено 9 % бюджета, или 370,9 млн евро.

По сравнению с 2008 г., когда начался мировой финансовый кризис, отчисления стран – участниц ESA в общий бюджет в 2013–2014 гг. увеличились на 700 млн евро. Это свидетельствует о высоком приоритете инвестиций в космическую отрасль со стороны правительств европейских стран.

Испытательная система ESA представляет собой сеть различных государственных и частных центров, а также компаний, занимающихся разработкой и производством РКТ, имеющих испытательное оборудование и расположенных в разных странах Европейского сообщества. Общее число испытательных стендов в странах Европейского сообщества более 300 (рис. 2.16...2.18).

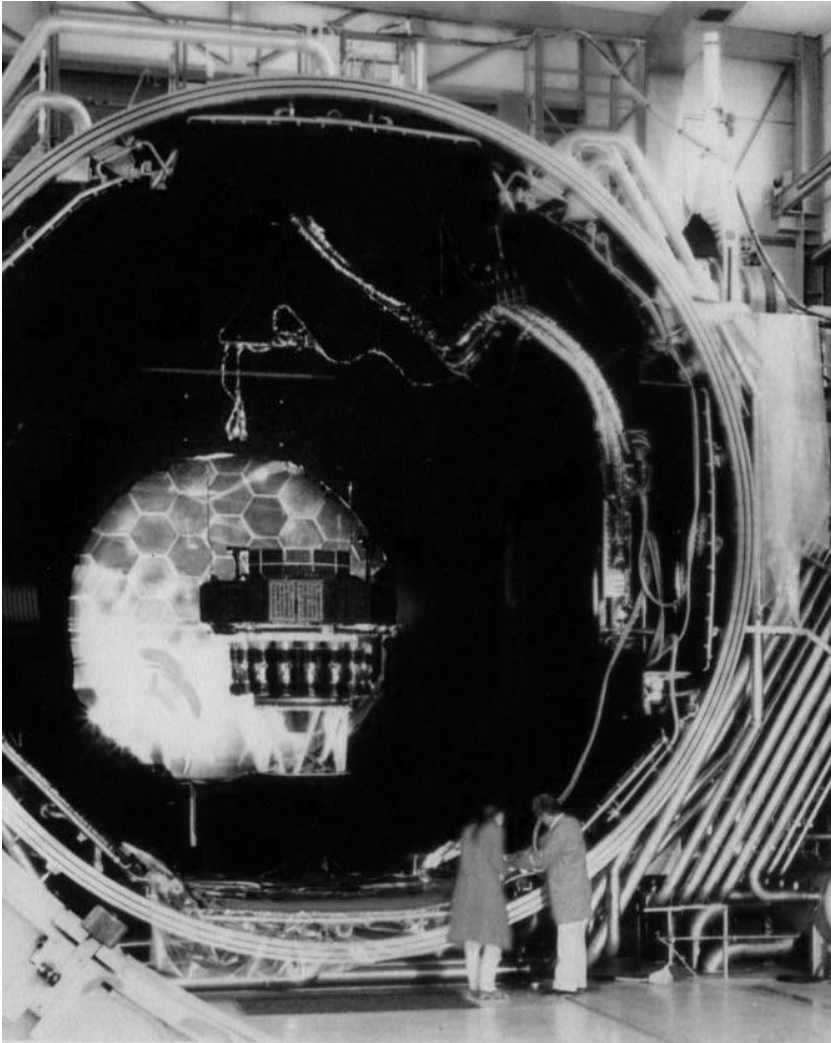


Рис. 2.16. Термобарокамера для тепловакуумных испытаний КА

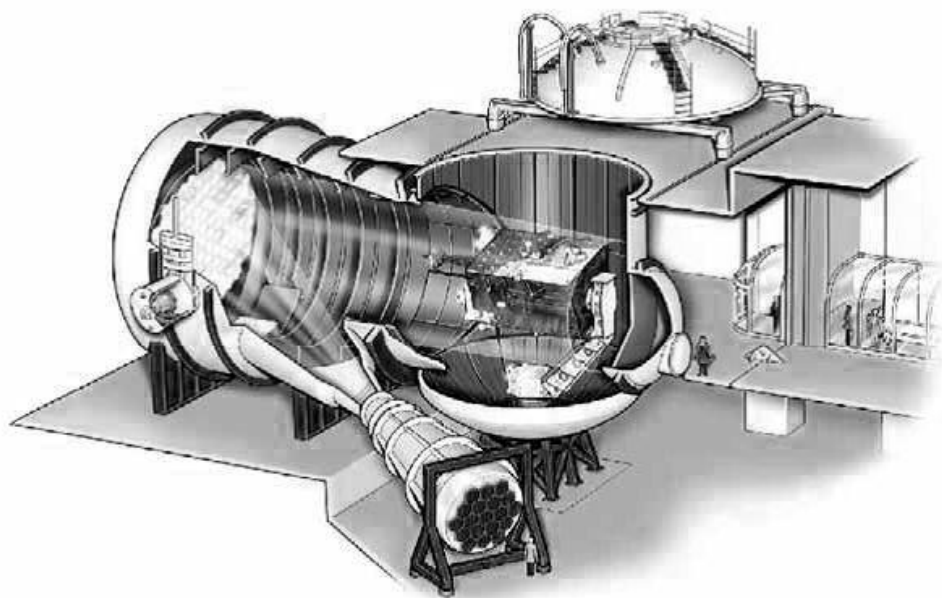


Рис. 2.17. Схема термобарокамеры

Центры осуществляют разные виды деятельности. Некоторые из них в рамках различных НИОКР разрабатывают новые методики испытаний, средств улучшения подготовки испытаний и сопоставления результатов расчетов и испытаний. В других выполняются работы, связанные с проведением разного вида испытаний, разработкой методов контроля качества, проектированием испытательных систем, анализом и методами моделирования. Помимо этого центры предлагают различные услуги, которые охватывают широкий спектр работ от консультаций и общего планирования до проведения специализированных испытаний и проектирования необходимых технических средств и стендового оборудования, разработки программного обеспечения и технических средств для конкретного заказчика.

Качество испытаний РКТ обеспечивается соблюдением требований европейских стандартов качества ECSS Q-20-07 «Гарантии качества испытательных центров» и ECSS E-10-03 «Качество испытаний». Испытательные стенды и технологии испытаний должны соответствовать требованиям данных стандартов. Они являются обязательными для всех участников испытаний – заказчиков испытаний, разработчиков программ испытаний и испытательных центров.

Научно-исследовательские центры национальной испытательной системы каждой из стран Европейского сообщества укомплектованы высококвалифицированными специалистами. В них используются высокотехнологичное оборудование и современные информационно-вычислительные системы.

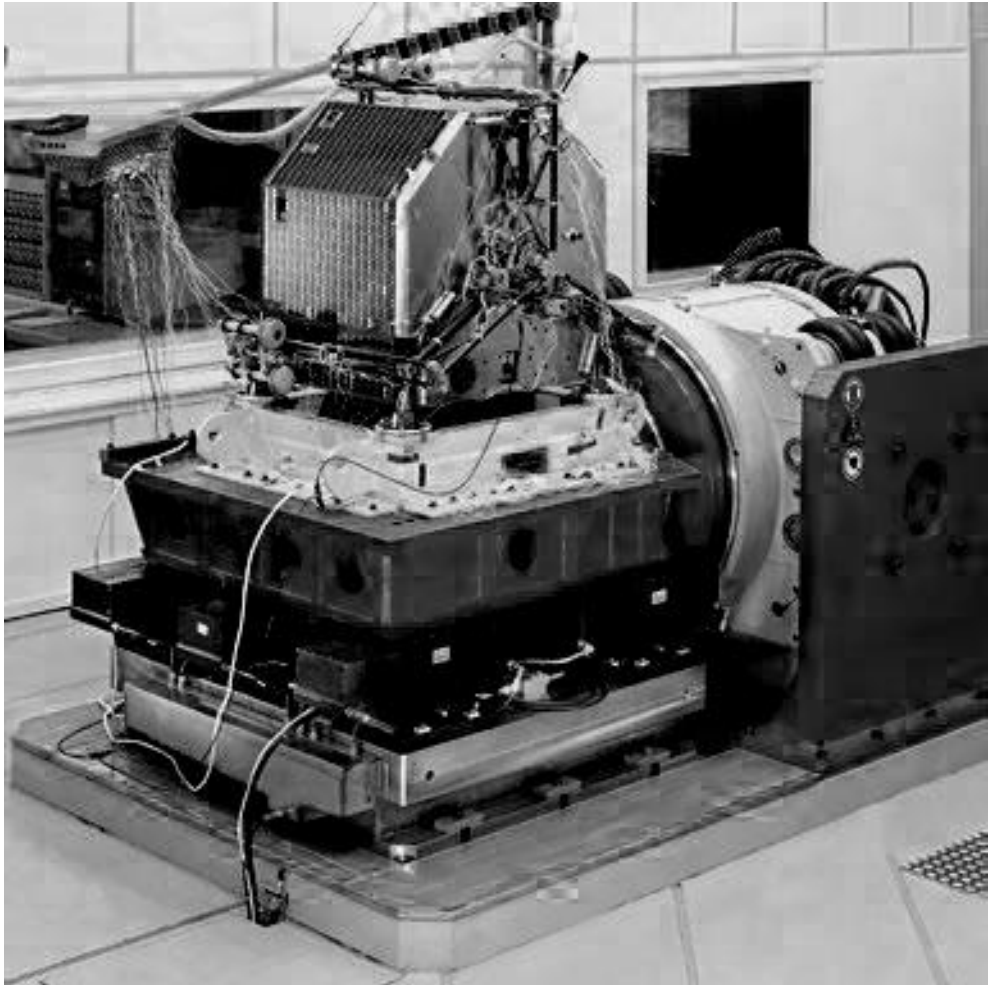


Рис. 2.18. Стенд для виброиспытаний

В целях повышения эффективности национальной испытательной системы в ESA создана база данных по испытаниям КА, которая представляет собой объемное хранилище по исполненным и исполняемым в настоящее время космическим проектам. База позволяет выполнять подробную статистическую оценку всех проектов с помощью большого набора критериев, исследования по планированию проектов и подготовке операций по сборке КА и их испытаний для повышения эффективности выбранной модели и методов сборки, стыковки и самих испытаний.

Как и в США, космические программы ESA реализуются исходя из прагматичности, что позволяет не допускать снижения технического уровня реализуемых программ и обеспечивать необходимые потребности государства и общества.

Испытательная система Франции. Основу отрасли составляют национальные предприятия дочерних компаний или отделений (подразделений) частных транснациональных и совместных корпораций. Доминирующее положение в ней занимают следующие национальные военно-промышленные организации:

подразделения корпорации European Aeronautic Defence and Space Company (EADS): Astrium Space Transportation, Astrium Satellites, Astrium Services; французское отделение MBDA France корпорации MBDA missiles systems; дочерние компании корпорации Safran: Regulus, Herakles и др. отделение совместной франко-британской корпорации Roxell.

В середине июня 2014 г. французские компании Airbus и Safran сделали заявления о намерении объединить усилия и учредить совместное предприятие (50/50) по созданию РН семейства Ariane [7].

На протяжении длительного времени Франция, входящая в состав ESA, используя ресурсы своей национальной испытательной системы, выполняла европейскую программу разработки средств выведения. В соответствии со специальной государственной программой страна вложила в развитие проекта следующего поколения РН Ariane-6 более 200 млн евро. РН Ariane-6 по своим характеристикам в большой степени отвечает требованиям спутниковых операторов. Эта ракета может заменить РН Ariane-5 и российскую РН «Союз» среднего класса.

Для отработки ракетных двигателей Франция располагает своей испытательной базой. В ее состав входит стенд, предназначенный для отработки ЖРД Vulcain РН Ariane-5 (рис. 2.19...2.21). Стенд позволяет имитировать натурные условия, изучать работу ЖРД, двигательной установки и ее отдельные агрегаты. Стенд также предназначен для испытания маршевых ракетных двигателей.

В настоящее время во Франции создается ракетный двигатель Vinci («Винчи»), который является прямым конкурентом российского РД-0146. Двигатель Vinci является первым европейским ЖРД, спроектированным по схеме с испарительным циклом. Его конструктивное решение основано на газификации одного из компонентов для обеспечения работы насосов подачи топлива. Кроме того, новая двигательная установка должна иметь унифицированную конструкцию и использоваться в создаваемой транспортно-космической системе.

Ключевое требование к транспортно-космической системе нового поколения, которая будет создана и пройдет демонстрационные испытания на средства ESA, состоит в том, что она должна эксплуатироваться без финансовой поддержки со стороны программы «Гарантированный доступ Европы в космос», в соответствии с которой в течение почти десяти лет ежегодно выделялись средства в размере свыше 100 млн евро для поддержания деятельности консорциума Arianespace в ходе эксплуатации РН Ariane-5.

В целом в условиях наличия кризисных тенденций в мировой экономике и финансовой сфере Франция продолжает поддерживать достаточно высокие уровни предоставления космических услуг, что позволит обеспечить устойчивое развитие ее ракетно-космической промышленности в обозримой перспективе.



Рис. 2.19. Стенд для отработки ЖРД Vulcain

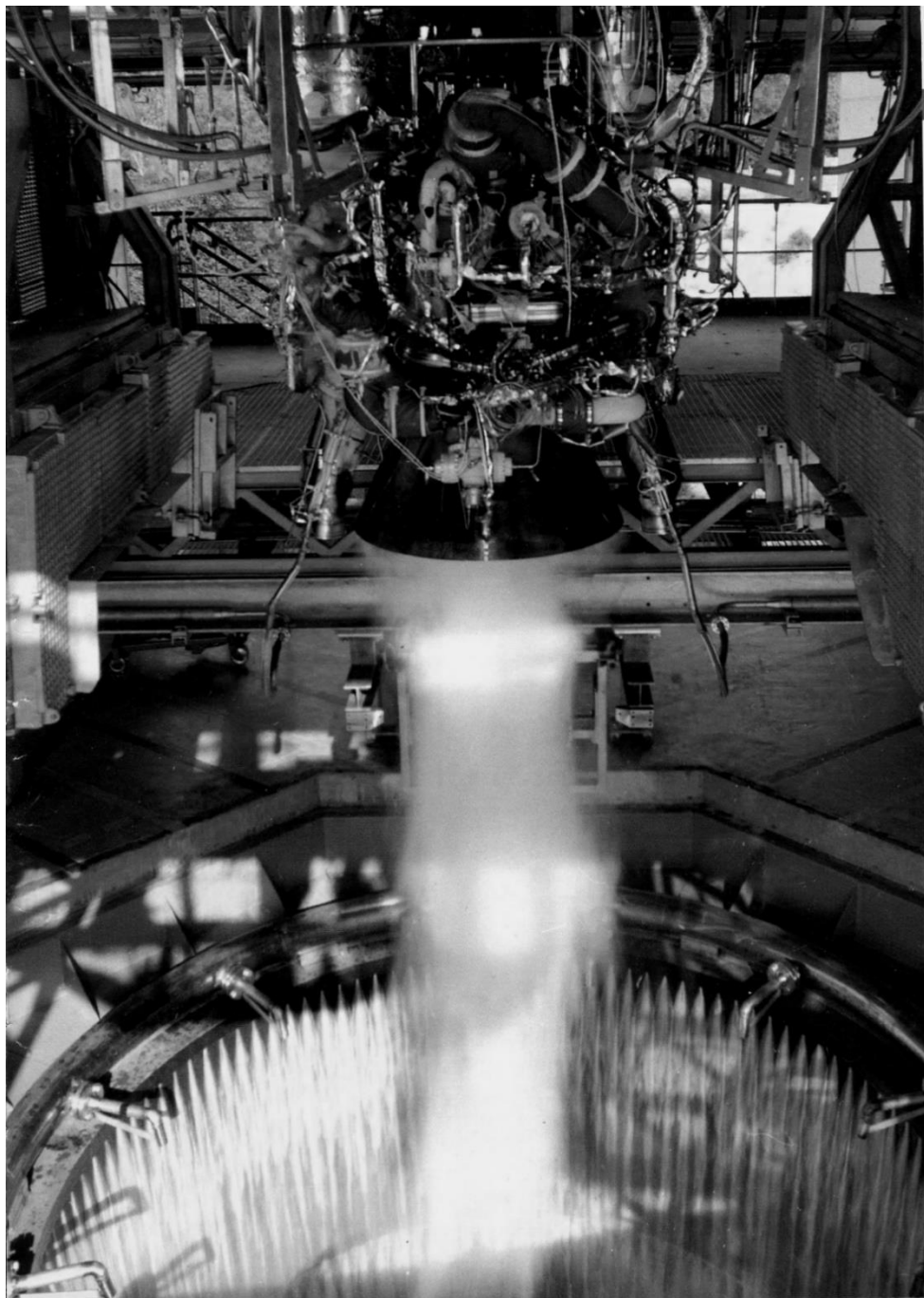


Рис. 2.20. Испытания ЖРД

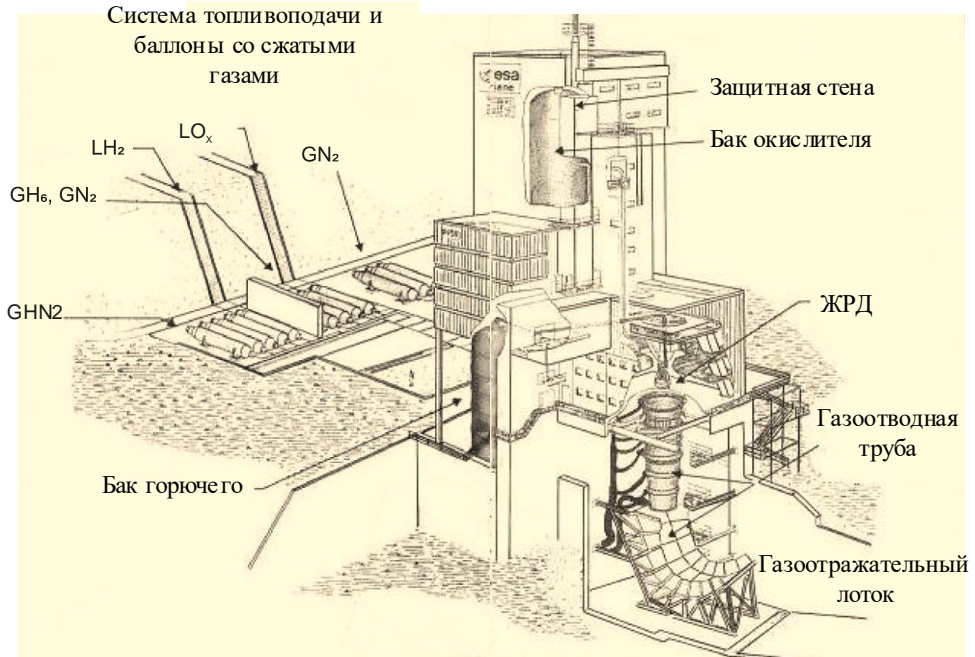


Рис. 2.21. Схема стана для испытаний ЖРД

ESA тесно сотрудничает с NASA. В отличие от космических ведомств России, а также Китая и Индии, взаимодействие американцев и европейцев распространяется почти на все масштабные проекты американского космического агентства. Это позволяет предположить, что уже к началу 2020-х гг. ESA станет равноценным партнером NASA и эти две организации смогут замкнуто существовать друг с другом, почти не нуждаясь в партнерах из России, и тем более Китая или Индии.

Испытательная система Германии. Основой национальной испытательной системы Германии является German Aerospace Center (DLR) в Лампольдсхаузене. Его отделения и исследовательские центры расположены в нескольких местах по всей территории Германии. DLR отвечает за планирование и осуществление космической программы от имени федерального правительства Германии и занимается широким кругом исследовательских проектов, как национальных, так и международных.

Центр принимает участие во всех европейских программах создания РН. Одной из его основных задач всегда являлись проектирование, разработка и эксплуатация стендов. К числу областей компетенции, которые непосредственно не связаны с проектированием и строительством стендов, относятся применение новых материалов, производственных методов, испытательного

оборудования, а также численное моделирование параметров потоков и испытательных нагрузок, подтверждаемое экспериментальными данными, специальными измерениями и анализом результатов.

Одно из главных направлений деятельности центра – высотные испытания ракетных двигателей (рис. 2.22...2.24). Испытательный центр DLR имеет многолетний опыт испытаний ракетных двигателей без моделирования и с моделированием высотных условий. В DLR проводятся исследования по улучшению качества моделирования полетных условий для ракетных двигателей. В число главных направлений исследований центра входит совершенствование моделирования высотных условий на переходных режимах запуска, останова и полетных условий ЖРД в рамках исследований перспективных сопел.

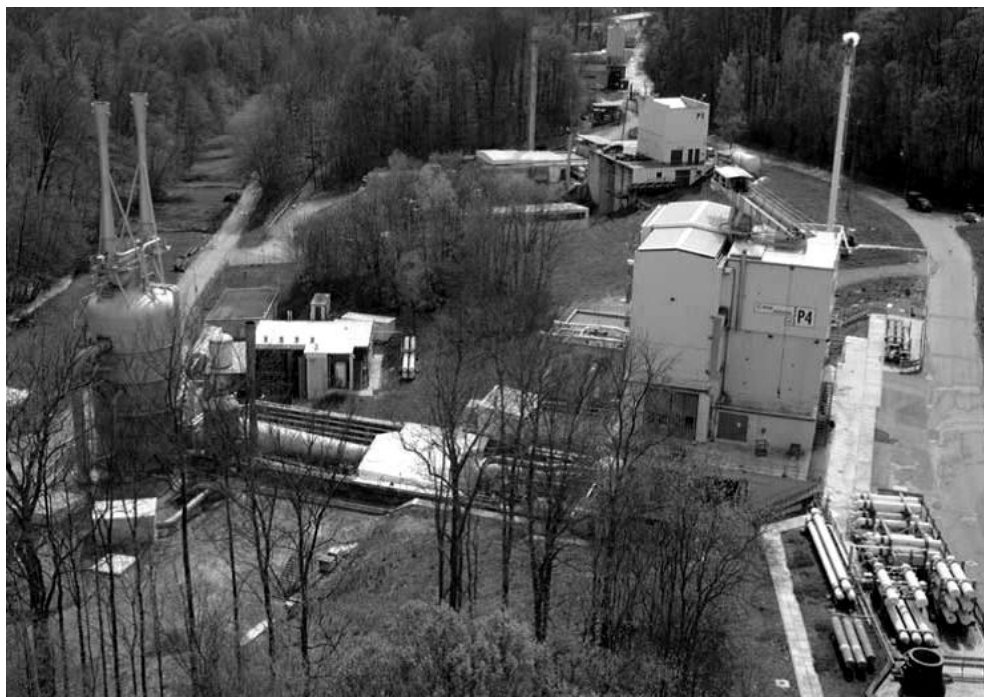


Рис. 2.22. Стенд для испытаний ЖРД с имитацией высотных условий

Дополнительные направления – моделирование штатных условий подачи компонентов, тепловых воздействий окружающей среды, фазы пассивного полета с повторным включением двигателя и специальных операций, таких как качание камеры двигателя.

Все научно-исследовательские программы центра в Лампольдсхаузене непосредственно связаны с европейскими программами по разработке ракетных двигателей.

В дополнение к уникальным возможностям высотных испытаний и криогенных технологий для разработки и квалификационных испытаний космических двигательных установок DLR разрабатывает гелеобразные компоненты ракетного топлива и компоненты длительного хранения и изучает возможности их использования.

Подготовка инженеров и научных работников в области космической техники играет большую роль в обеспечении надежной, долгосрочной поддержки европейских программ по разработке ракетных двигателей. С 2005 г. DLR решает эту задачу с помощью лаборатории, где перспективные молодые специалисты проводят эксперименты под руководством опытных ученых и инженеров. В дальнейшем в центре планируется построить студенческий городок, чтобы обеспечить подготовку и обучение квалифицированного персонала для германской космической промышленности.

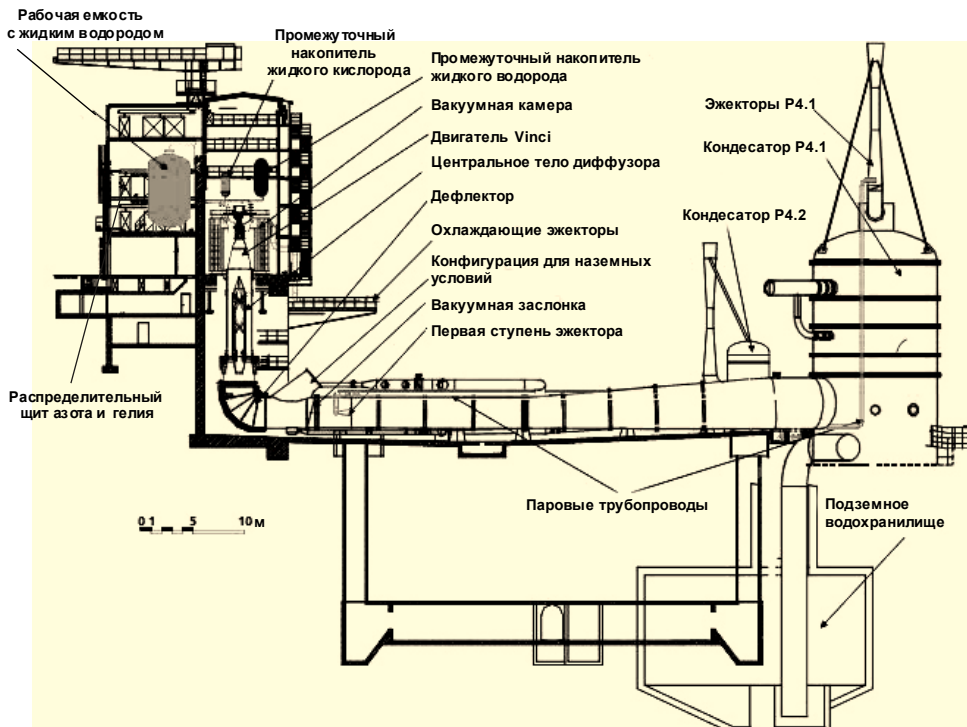


Рис. 2.23. Схема стенда для высотных испытаний ЖРД

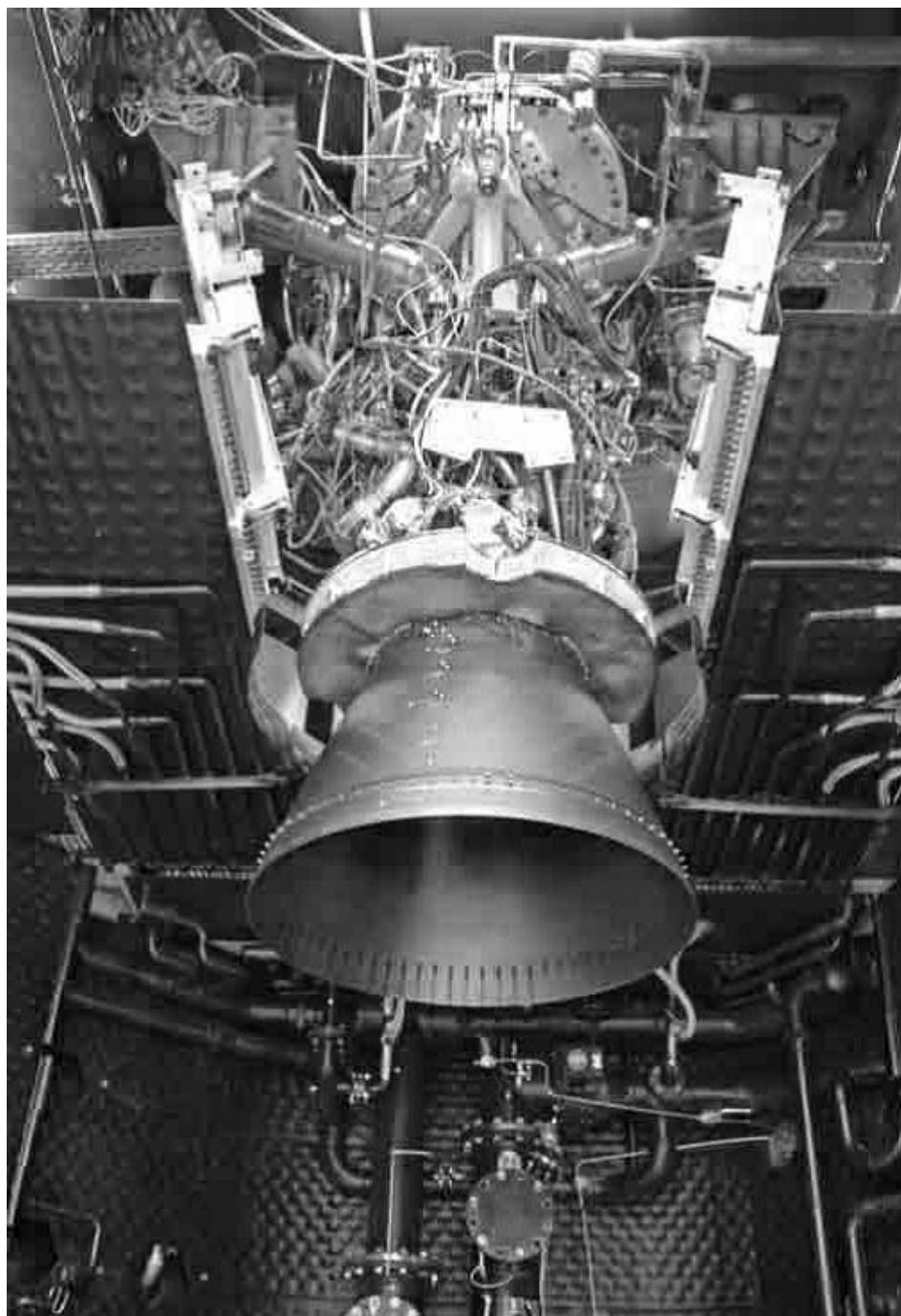


Рис. 2.24. ЖРД после испытания с имитацией высотных условий

Испытательная система Китая. Китай обладает высоким научно-техническим потенциалом в ракетно-космической сфере. В этой стране обеспечивается устойчивое развитие космической отрасли, для чего принимаются определенные меры. К ним относятся совершенствование законодательной базы и методов управления производством. К 2020–2030 гг. Китай рассчитывает стать одним из мировых лидеров в области производства космической техники и оказания космических коммерческих услуг. Поэтому основное внимание в стране уделяется наращиванию возможности проведения всего цикла НИОКР. Для этого Китай развивает стратегическое партнерство с Россией, США и странами Европы.

Ракетно-космическая промышленность Китая имеет сложную и разветвленную структуру управления. В настоящее время две государственные космические корпорации – Китайская аэрокосмическая корпорация науки и технологии (China Aerospace Science and Technology Corp, CASC) и Китайская государственная космическая научно-промышленная корпорация (China Aerospace Science and Industry Corp., CASIC) – обеспечивают проведение научно-исследовательских работ в области РКТ и производство самой техники. Численность персонала корпораций – около 300 тыс. Из них почти 70 % моложе 45 лет.

Промышленная стратегия КНР строится по принципу вертикальной интеграции: проектирование космических аппаратов, их изготовление и использование. Планируется разработка программных средств и терминальных устройств применительно к космическим аппаратам дистанционного зондирования Земли и связи. Например, в пятилетнем экономическом плане предусмотрена сильная поддержка создания космических средств связи для телемедицины, дистанционного обучения и транспорта.

Значительное вложение капитала осуществляется в научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки.

Ракетно-космическая промышленность Китая развивается быстрыми темпами на основе научных достижений и осуществления перспективной стратегии развития (рис. 2.25...2.28).

Особенностью развития ракетно-космической промышленности Китая является ежегодное увеличение финансирования путем наращивания государственных инвестиций в интересах реализации национальных космических программ.

Китай постепенно выходит на лидирующие позиции в мире в сфере опытно-конструкторских разработок и научных исследований. По числу запатентованных изобретений, публикаций и индексам цитируемости в 2013 г. Китай обошел Японию, выйдя на второе место в мире, после США. По числу опубликованных научных работ Китай практически догнал США и с высокой долей вероятности обойдет их по этому показателю уже в ближайшем буду-

шем. Такие выводы были сделаны членами Королевского общества Великобритании (аналог РАН в России), которые оценили последние успехи разных стран в осуществлении научной деятельности.

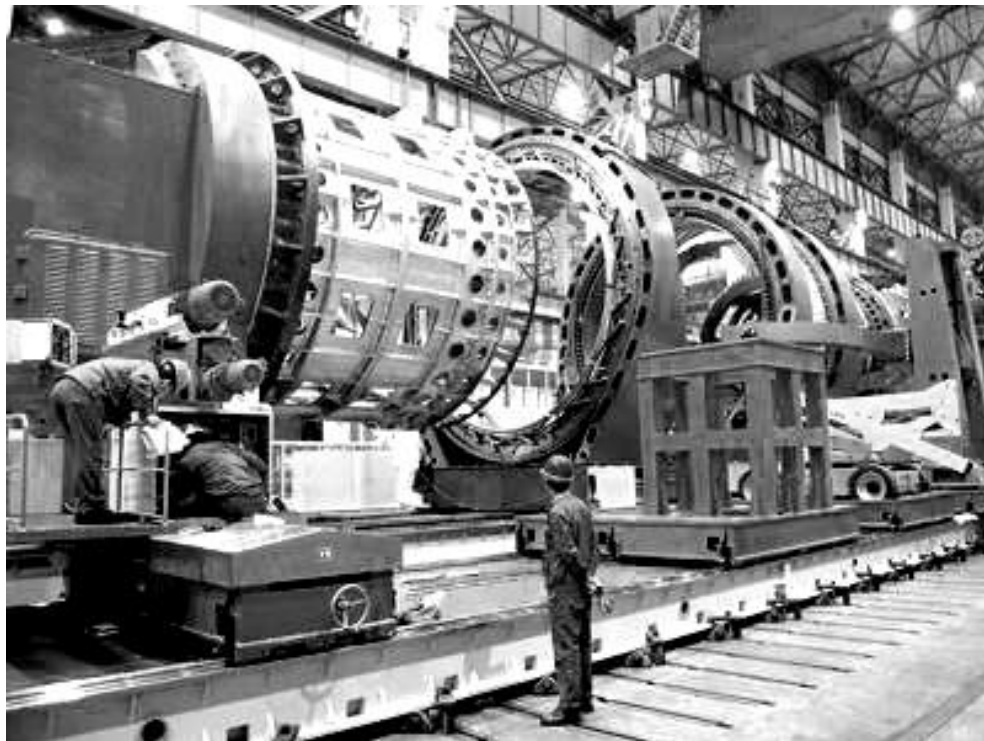


Рис 2.25. Современное оборудование для изготовления РН в КНР

Средняя заработная плата ученых в КНР с 1998 г. выросла в 27...28 раз. К примеру, годовой доход сотрудника одного из НИИ Китайской академии наук колеблется в среднем от 25 до 65 тыс. дол. в год, а с учетом всех грантов и гонораров может достигать и до 150...200 тыс. дол. Из-за престижа профессии и высокого уровня зарплат большая часть самых перспективных выпускников вузов связывает свою дальнейшую жизнь с наукой. Китайские ученые постоянно испытывают социальную поддержку проводимых ими исследований.

Согласно планам развития науки и техники в Китае к 2020 г. страна должна будет выйти на мировой уровень по 11 основным направлениям научной деятельности, а по 3...5 позициям в каждом из этих направлений обеспечить себе лидирующие места. К 2050 г. в Китае рассчитывают создать экономику знаний. В 2006 г. в стране был принят долгосрочный план развития научной деятельности, который предполагает рост финансирования науки. К 2020 г. на науку планируется выделять вместо 1,5...1,7 до 2,5 % от ВВП [8].



Рис. 2.26. Испытание китайского ЖРД

Несмотря на то что ракетно-космическая промышленность КНР по численности персонала является одной из крупнейших не только в Азии, но и в мире, в Китае постоянно уделяется внимание подготовке квалифицированных кадров. За подготовку кадров для космонавтики в Китае ответственен ряд университетов. Одним из основных является Университет оборонной науки и техники. При подготовке специалистов по разработке ракет, спутников, космических кораблей и контролю космических полетов уделяется повышенное внимание их обучению в области внедрения в производство космических технологий, чтобы достижения в освоении космоса были направлены на улучшение жизни населения и содействовали развитию национальной экономики.

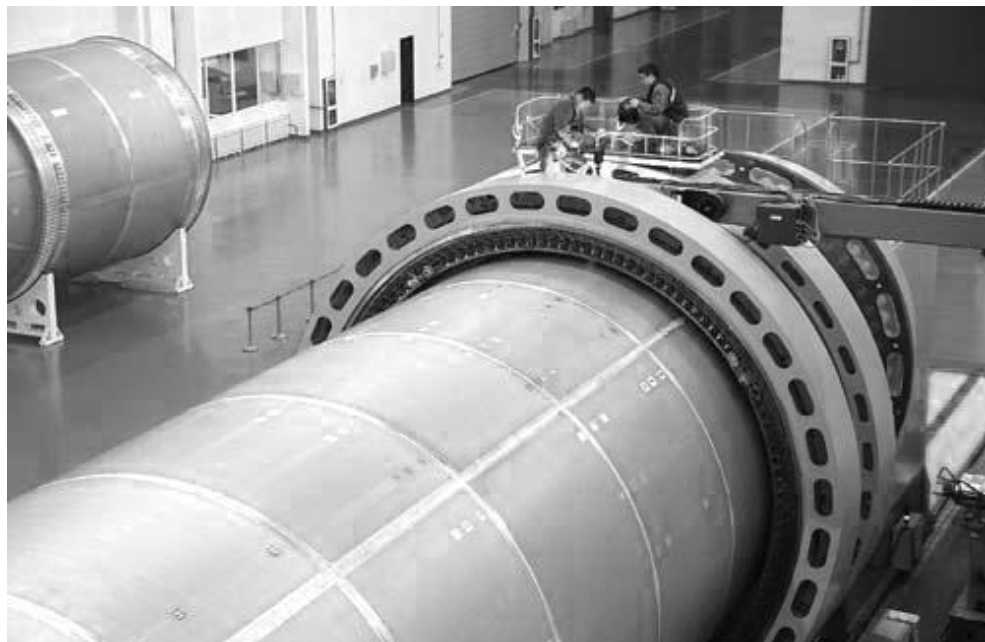
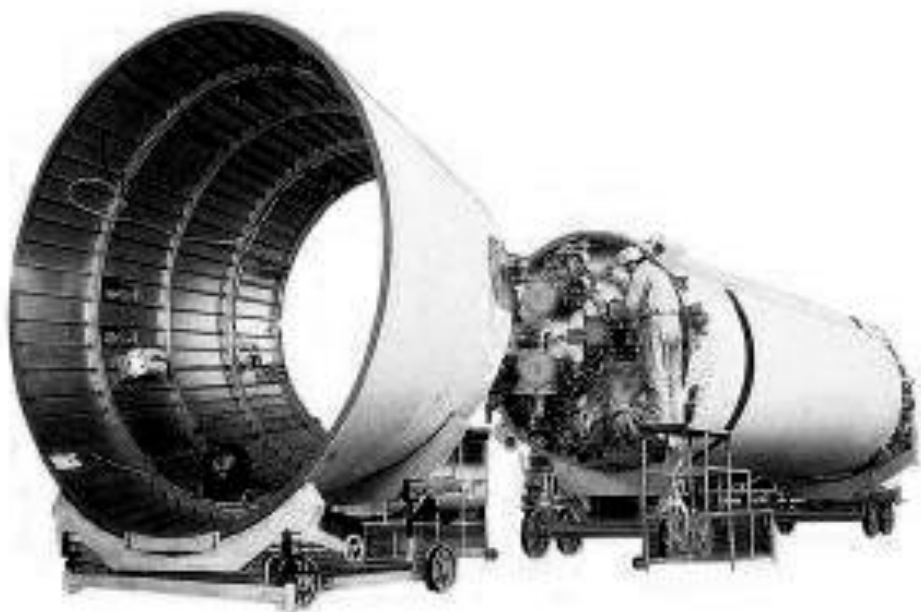


Рис. 2.27. Изготовление РН Long March 5



**Рис. 2.28. Третья ступень носителя LM-3
с кислородно-водородным двигателем YF-73**

В настоящее время Китай уже занимает первое место в мире по объему выделяемых ресурсов (в том числе и приборной базы) на одного исследователя, и по численности научно-технического персонала, которая уже достигла 51 млн человек, страна также не имеет себе равных. В 2009 г. по числу университетов, вошедших в топ-200 университетов мира, Китай занял третье место (11 вузов), пропустив вперед только США и Великобританию. При этом третье место КНР делит с Голландией и Японией, хотя всего лишь десятилетие назад в топ-200 входил только один китайский университет (Фуданьский в Шанхае).

Есть в китайском вузовском образовании и проблемы, аналогичные российским. Главная из них – избыточность высших учебных заведений в стране, в основном за счет появления в последние годы образовательных учреждений, которые не обеспечивают высокое качество обучения студентов. Из-за этого число выпускников превышает имеющийся в стране спрос на 20...30 %, а престиж высшего образования снижается.

В настоящее время в Китае средний возраст научно-технических работников составляет 35,3 лет, в целом они примерно на 15 лет моложе европейских и американских коллег. Для того чтобы сформировался такой молодой персонал, требовались усилия не одного года. Средний возраст главных конструкторов китайской ракетной отрасли – 38,5 лет, а руководителей и генеральных конструкторов проектов – 45 лет.

В КНР основное внимание уделяется разработке трех новых ракет-носителей, включая систему оперативного запуска, выполнению пилотируемой программы, исследованию Луны, развертыванию навигационной спутниковой системы Beidou, снижению уровня засоренности пространства околоземных орбит. В последние годы в Китае появились планы разработки двигателей для будущих китайских ракет-носителей тяжелого и сверхтяжелого классов.

По программе исследования Луны к 2016 г планируются доставка на нее робототехнических аппаратов и возвращение образцов грунта на Землю. Китайские ученые рассматривают возможность полного обеспечения национальной экономики собственной энергией за счет добычи на Луне изотопа гелия-3 и его использования на Земле в качестве топлива для нового поколения термоядерных реакторов.

КНР ускоряет свою космическую программу с целью отправить на Луну космический корабль. Китайцы хотят создать одну из лучших в мире космических программ и выделяют для этого огромные средства. Только на пилотируемую космическую программу за 20 лет Китай потратил 39 млрд юаней (более 6 млрд дол.).

До 2030 г. Китай намерен осуществить проект зондирования Марса в три этапа: глобальное дистанционное зондирование Марса, совершение мягкой посадки марсоходом и наблюдение на поверхности Марса, автоматический сбор образцов на планете и возвращение на Землю.

КНР располагает мощной технологической базой с современным оборудованием, предназначенным для удовлетворения всех потребностей ракетно-космической промышленности. Так, секции баковых отсеков пятиметрового диаметра для РН CZ-5 были изготовлены с использованием уникального станка СКХ5680 китайской фирмы Wuzhong Group, позволяющего удерживать в горизонтальном положении с погрешностью 0,025 мм и обрабатывать заготовку максимальным диаметром 8,5 м и массой 160 т [9].

К недостаткам организации работ в ракетно-космической промышленности Китая относят сохраняющиеся издержки бюрократизированной системы управления, унаследованные от прежней централизованной системы, что создает трудности по адаптации отрасли к быстро изменяющимся требованиям внутреннего и внешнего рынков.

Испытательная система Индии. В Индии государственным органом, осуществляющим управление космической деятельностью, является Индийская организация космических исследований (ISRO). Главной задачей ISRO является разработка космических технологий и их использование в интересах развития экономики страны. В отличие от Китайского национального космического агентства ISRO помимо выполнения административной функции играет значительную роль в процессе разработки и производства ракетно-космической техники.

В состав ISRO входят многочисленные специализированные государственные учреждения, чья область компетенций лежит в разных сферах космической деятельности. Это центры, осуществляющие те или иные функции в рамках национальной космической деятельности:

Космический центр им. Викара Сарабхаи (Vikram Sarabhai Space Centre – VSSC), является ведущим разработчиком ракет-носителей и ракет-зондов. Сфера деятельности центра: аэродинамика, термический анализ, конструкционная инженерия, механическая обработка, компьютерное проектирование, химия и металлургия. Помимо ракет центр разрабатывает системы управления полетом и корректировкой орбит, бортовые компьютеры, ракетное топливо, полимеры и композиционные материалы. При центре организованы лаборатория космической физики и экспериментальный завод перхлората аммония;

Спутниковый центр ISRO (ISAC), является ведущим национальным разработчиком спутниковых технологий (электроника, компьютеры, энергетика, связь, несущие конструкции, системы терморегулирования, бортовые системы и агрегаты, системы управления полетом), занимается сборкой и испытаниями спутников. При центре имеются лаборатория электронно-оптических датчиков и отдел технической физики;

Космический центр им. Сатиша Дхавана (Satish Dhawan Space Centre – SDSC), является главным космодромом страны. Имеет завод твердотопливных ускорителей, стенды для испытаний ракетных двигателей, цехи сборки и предстартовой проверки ракет, установки для их запуска, хранилища жидких

криогенных топлив, заправочные устройства, системы управления полетом, системы обработки телеметрической информации в масштабе реального времени и средства обеспечения безопасности;

Центр систем ЖРД (LPSC), является ведущим разработчиком ЖРД для индийских ракет-носителей и космических аппаратов. Занимается проектированием двигателей, ракетных ступеней, систем управления РН и двигателей КА;

Центр по применению космических средств (SAC), ведет исследования в области применения космических технологий, включая микроволновую технику, спутниковую связь, электронные датчики, обработку спутниковых данных и данных дистанционного зондирования Земли;

Центр телеметрии, слежения и командования (ISTRAC), занимается сопровождением РН и низкоорбитальных КА, контролем их технического состояния, развитием спутниковой связи и вычислительной техники;

Центр управления полетами (MCF), осуществляет выведение на орбиту, проверку и управление геостационарными спутниками;

Отдел инерциальных систем ISRO (IISU), разрабатывает инерционные датчики для РН и КА, занимается их испытанием, изготовлением и контролем качества;

Национальное агентство дистанционного зондирования Земли (NRSA), отвечает за сбор, обработку и распространение данных дистанционного зондирования.

Политике Индии в области космической деятельности и ракетно-космической промышленности всегда была присуща сильная практическая и прикладная гражданская направленность. Во-первых, ракетно-космические технологии были призваны прежде всего служить средством ускорения научно-технического прогресса и экономического развития, решая конкретные социально-экономические задачи. Во-вторых, ракетно-космические технологии, аккумулирующие высокие, критически важные, по большей части двойные технологии, играют все большую роль в сфере НИОКР, становясь важным инструментом завоевания или удержания научно-технического лидерства. Только бюджет Департамента космоса, отвечающего за гражданскую космическую программу, составляет до 20 % от общего объема финансирования государственных НИОКР. С учетом ассигнований, выделяемых Организации оборонных НИОКР, под эгидой которой ведутся все программы военных разработок в стране, в том числе ракетная программа, а также, скорее всего, и военная космическая программа, затраты на ракетно-космические программы составляют порядка трети всех государственных затрат на НИОКР Индии.

Индия имеет космическую программу (рис. 2.29) и является в настоящее время космической державой, но для Индии крайне актуальной остается проблема нехватки квалифицированных кадров.

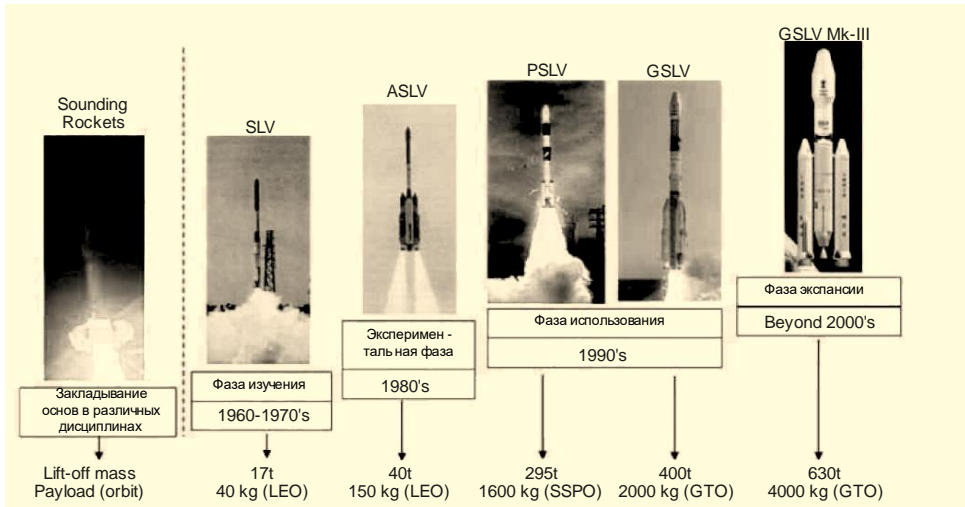


Рис. 2.29. Эволюция РН Индии

Индия – одна из очень немногих космических держав, которая самостоятельно проводит запуски спутников связи на геостационарную орбиту, возвращаемых космических аппаратов, автоматических межпланетных станций к Луне и оказывает международные пусковые услуги.

В настоящее время разработки новых технологий, связанных с ракетами-носителями, во всем мире направлены на снижение стоимости их запуска на порядок. Двигаясь в этом направлении, ИСРО приступила к разработке РН многоразового использования (RLVs – Reusable Launch Vehicles) с возможным применением воздушно-реактивных двигателей (ВРД). Кроме того, проводится детальный анализ технической осуществимости пилотируемых полетов для исследования новых научных и технических рубежей, которые требуют создания пилотируемых РН с повышенными безопасностью и надежностью [10].

Индия имеет собственную пилотируемую космическую программу. Ожидается, что с 2016 г. она начнет пилотируемые космические полеты собственными силами и станет четвертой космической сверхдержавой. В будущем предполагается создание индийской многоразовой транспортной космической системы нового поколения (проект «Аватар»), а также в далеком будущем (после 2025–2030 г.) – осуществление пилотируемых полетов на Луну в кооперации с другими странами или даже самостоятельно.

Структура затрат на космическую деятельность Индии следующая: 39 % – ракеты-носители; 36 % – телекоммуникации и метеорология; 14 % – дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ); 6 % – космические исследования; 5 % – другое.

Космическую программу Индии активно помогают воплощать в жизнь суперкомпьютеры. С их помощью отрабатываются самые успешные инженер-

ные решения. С 2012 г. в Индии используется суперкомпьютер SAGA, который является самым мощным в стране и входит в первую сотню самых мощных суперкомпьютеров на планете. Он спроектирован на базе 640 ускорителей Nvidia Tesla и в состоянии обеспечить пиковую производительность на уровне 394 терафлопс. Так что Индия успешно участвует не только в космической, но и в суперкомпьютерной гонке, при этом инвестирует в эти направления миллиарды долларов.

В Индии существует понимание необходимости привлечения частных компаний к производству ракетно-космической техники. В 1991 г. в стране принят закон, позволяющий частным предприятиям участвовать в производстве даже военной продукции (производство и сборка отдельных компонентов и подсистем).

Безусловное стремление использовать самые последние достижения науки и техники при создании РКТ позволяет предположить, что национальная испытательная система Индии будет развиваться более ускоряющимися темпами.

2.2. Испытательная система России

Отечественная экспериментальная база (ЭБ) ракетно-космической промышленности (РКП) включает в себя ЭБ головных НИИ отрасли (ГНИО), ЭБ головных конструкторских бюро (КБ) – разработчиков ракет-носителей (РН), разгонных блоков (РБ) и космических аппаратов (КА), ЭБ КБ – разработчиков систем РН, например жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) и двигательных установок (ЖРДУ), и заводов – изготовителей серийной продукции.

Наземная экспериментальная отработка (НЭО) ракетно-космической техники (РКТ) в соответствии с принятой в ракетно-космической промышленности методологией выполняется по схеме «снизу вверх»: элемент → узел → агрегат → система → РН (ЖРДУ, РБ, КА) → ракетно-космический комплекс с учетом требований программ НЭО, технических заданий (ТЗ), технических условий (ТУ) и других директивных документов. Наземная экспериментальная отработка начинается на стадии разработки технических предложений и продолжается до стадии сдачи изделия в эксплуатацию и его серийного производства.

Задачи, решаемые на ЭБ головных НИИ РКП, имеют целью отработку изделий РКТ на этапах опытно-конструкторских работ (ОКР) в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным.

Положением РК-11 (РК-11-КТ) определены головные организации с перечнем для каждой организации задач, решаемых при экспериментальной отработке образцов РКТ, в числе которых:

ФКП «НИЦ РКП» – по испытаниям ЖРД и ЖРДУ, тепловacuумным испытаниям КА и их систем, по отработке на работоспособность стартового и наземного оборудования, климатическим и коррозионным испытаниям;

ФГУП «ЦНИИмаш» – по отработке изделий в части аэрогазодинамики, теплообмена, теплозащиты, прочности и динамики, эрозионным испытаниям;

ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» – по исследованиям и отработке двигателей и энергоустановок.

В табл. 2.1. и на рис. 2.30 приведены основные направления наземной экспериментальной отработки РКТ, виды используемых испытательных средств, показаны головные организации по направлениям НЭО РКТ и организации ракетно-космической промышленности, специализирующиеся в проведении наземных испытаний по этим направлениям.

Задачи, решаемые на ЭБ головных КБ – разработчиков РКТ: испытания узлов и агрегатов в процессе их проектирования и опытно-конструкторской отработки конструкции и технологии производства, подтверждения соответствия требованиям ТЗ; исследовательские (сравнительные, уточняющие и доводочные) испытания; предварительные (завершающие доводочные и летно-конструкторские) испытания РКТ.

Задачи, решаемые на ЭБ заводов – изготовителей серийной продукции – это приемочный контроль изделий, который осуществляется на основе следующих видов испытаний:

приемосдаточных испытаний (ПСИ) каждого экземпляра изделия, поставляемого в эксплуатацию (сплошной контроль);

контроля неразрушающими методами каждого экземпляра ЖРД и ПСИ отдельных, выбираемых из числа уже изготовленных (выборочный контроль или контрольно-выборочные испытания).

Приемочный контроль ЖРД и ЖРДУ, предназначенных для пилотируемых космических комплексов, осуществляется методом ПСИ каждого экземпляра ЖРД и ЖРДУ в виде огневых контрольно-технологических испытаний (КТИ).

Существующая экспериментальная база ракетно-космической промышленности в целом обеспечивает отработку боевых ракет, ракет-носителей, разгонных блоков, космических аппаратов в условиях, возникающих на этапах их эксплуатации: при транспортировке к месту старта, хранении, старте, на активном участке полета, при отделении от носителя, функционировании на рабочей орбите, входе в атмосферу, движении в ней и приземлении (рис. 2.31...2.42).

Тем не менее существуют проблемные вопросы экспериментальной базы, которые необходимо решить при создании перспективных изделий РКТ. К ним относятся отсутствие стендов для отработки двигателей в высотных условиях, включая ракетные двигатели на твердом топливе (РДТТ), перспективных ядерных ракетных двигателей (ЯРД), электрохимических ракетных двигателей (ЭРД), гиперзвуковых летательных аппаратов, для проведения температурно-прочностных испытаний. Отсутствуют экспериментальные средства для контрольной проверки и оценки выполнения полетных заданий РН и РБ перед пуском, средства физического моделирования влияния значимых факторов космического пространства на электронное оборудование и др.

Таблица 2.1

Основные направления наземной экспериментальной отработки РКТ

Основные направления НЭО РКТ	Аэрогазодинамика	Теплообмен, теплозащита, эрозионные испытания	Прочность и динамика	Испытания двигателей и двигательных установок	Комплексные функциональные, климатические и коррозийные испытания	
					Отработка на работоспособность КА, бортовых систем и аппаратуры	Отработка на работоспособность стартового и наземного оборудования
Виды испытательных средств	Комплекс транс- и гиперзвуковых установок различных типов (непрерывного, периодического и импульсного), газодинамических барокамер и стендов, тепловых установок	Залы статических, вибрационных, термомопрочностных и ударных испытаний, стенды для отработки изделий высотой до 30 м, диаметром до 8 м, массой до 100 т	Испытания двигателей и двигательных установок	Комплекс стендов для «холодной» и огневой отработки на жидком, газообразном, твердом топливе и монотопливах тягой до 4500 тс	Многофункциональные комплексы и стенды	Комплексы по отработке газодинамики старта на моделях, заправочного оборудования, агрегатов наземного технологического оборудования
Головная организация РКТ	ЦНИИмаш, НИЦ РКП	ЦНИИмаш	НИЦ РКП – испытания ЖРД и ЖРДУ, «Центр Кельдыша» – исследования энергоустановок	НИЦ РКП, Центр Кельдыша, НИИмаш, РКК «Энергия», НПО Энергомаш, ОКБ «Факел», ОАО «Красмаш», ОАО «Кузнецов», «Протон-ПМ», НПОмаш, КБХА, КБХМ им. А.М. Исаева	НИЦ РКП – тепловлакумные испытания КА и их систем	НИЦ РКП
Организации РКП, специализирующиеся в проведении наземных испытаний	КБХМ им. А.М. Исаева, ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, НИЦ РКП, НПОмаш	НИЦ РКП, РКК «Энергия», ЦСКБ – «Прогресс», НПО им. С.А. Лавочкина, ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, КБ «Мотор», НПОмаш, ГРЦ Макеева	ЦСКБ – «Прогресс», НПО им. С.А. Лавочкина, ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, КБ «Мотор», НПОмаш, ГРЦ Макеева	НИЦ РКП, Центр Кельдыша, НИИмаш, РКК «Энергия», НПО Энергомаш, ОКБ «Факел», ОАО «Красмаш», ОАО «Кузнецов», «Протон-ПМ», НПОмаш, КБХА, КБХМ им. А.М. Исаева	НИЦ РКП, ОАО ИИС, РКК «Энергия», ЦСКБ – «Прогресс», НПО им. С.А. Лавочкина, ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, НИИФИ, НПП «Звезда»	НИЦ РКП, ЦСКБ – Прогресс, ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, НПОмаш, ГРЦ Макеева

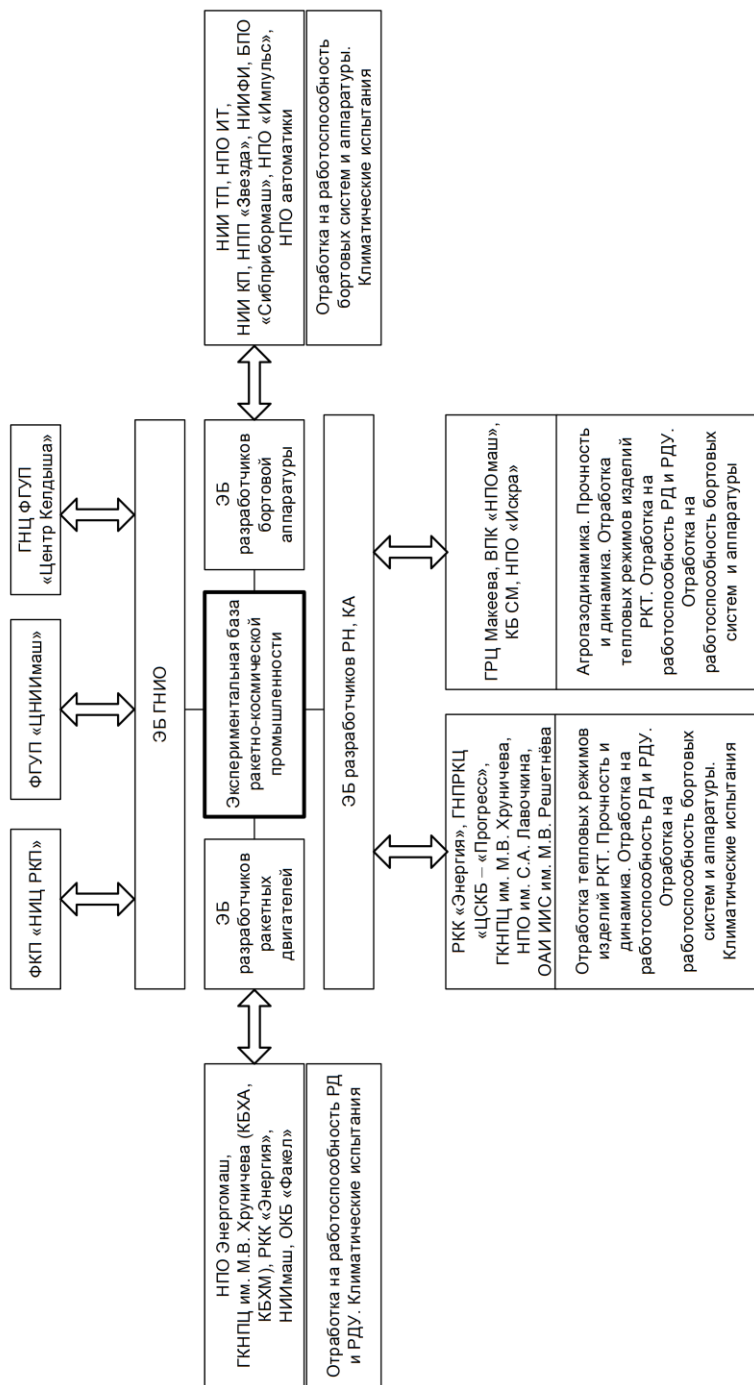


Рис. 2.30. Структура отечественной экспериментальной базы ракетно-космической промышленности



Рис. 2.31. Универсальный ракетный модуль УРМ-1 ракеты-носителя «Ангара» на испытательном стенде ИС-102 ФКП «НИЦКП»



Рис. 2. 32. Огневые стендовые испытания модуля УРМ-1 ракеты-носителя «Ангара» на испытательном стенде ИС-102 ФКП «НИЦ РКП»

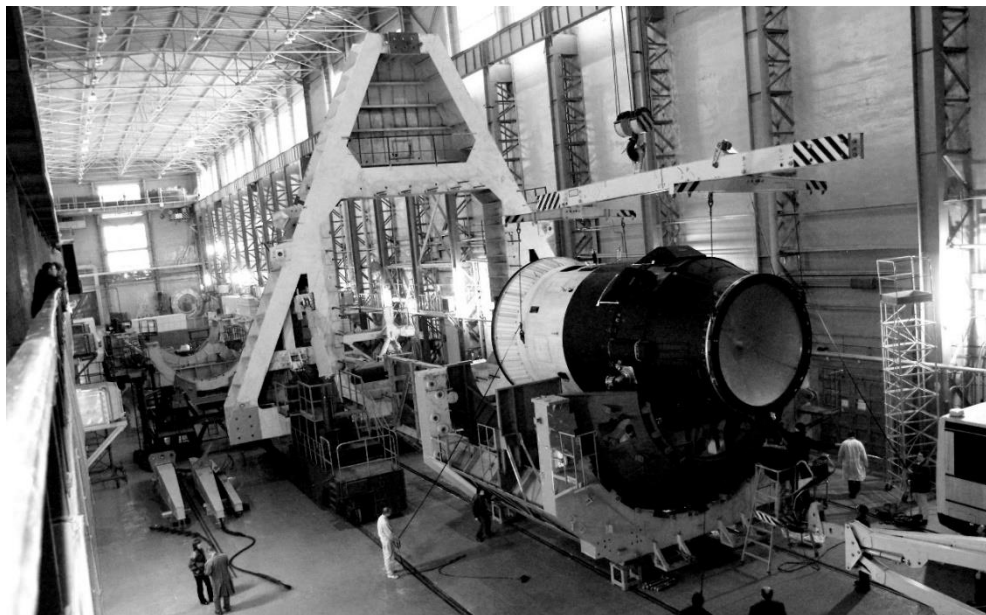


Рис. 2. 33. Универсальный ракетный модуль УРМ-2 ракеты-носителя «Ангара» в монтажно-испытательном корпусе ИС-102 ФКП «НИЦ РКП»

Современные технологии экспериментальной отработки предусматривают оптимальное с точки зрения достижения целевого эффекта финансовых, материальных и временных затрат применение методов математического моделирования, макетирования и проведения физических (натурных) испытаний новых изделий в наземных условиях. При этом физические (натурные) испытания изделий являются определяющими при оценке технической готовности изделий РКТ к летным испытаниям с обеспечением успешных пусков первых опытных образцов.

Одной из существенных проблем является неэффективность использования испытательной базы по наземной отработке РКТ. Суть проблемы заключается в несоответствии состояния испытательных стендов тем задачам, которые стоят перед ракетно-космической промышленностью. В соответствии с проектом Федеральной космической программы (ФКП) на 2016–2025 гг. поставлены задачи обеспечения гарантированного доступа России в космос со своей территории, развития и использования космической техники, технологий, работ и услуг в интересах социально-экономической сферы, обороны страны, а также развития ракетно-космической промышленности и выполнения международных обязательств. Планируются запуски автоматических космических аппаратов к Луне, Марсу, Юпитеру и другим небесным телам Солнечной системы, а также запуски пилотируемых комплексов к Луне.

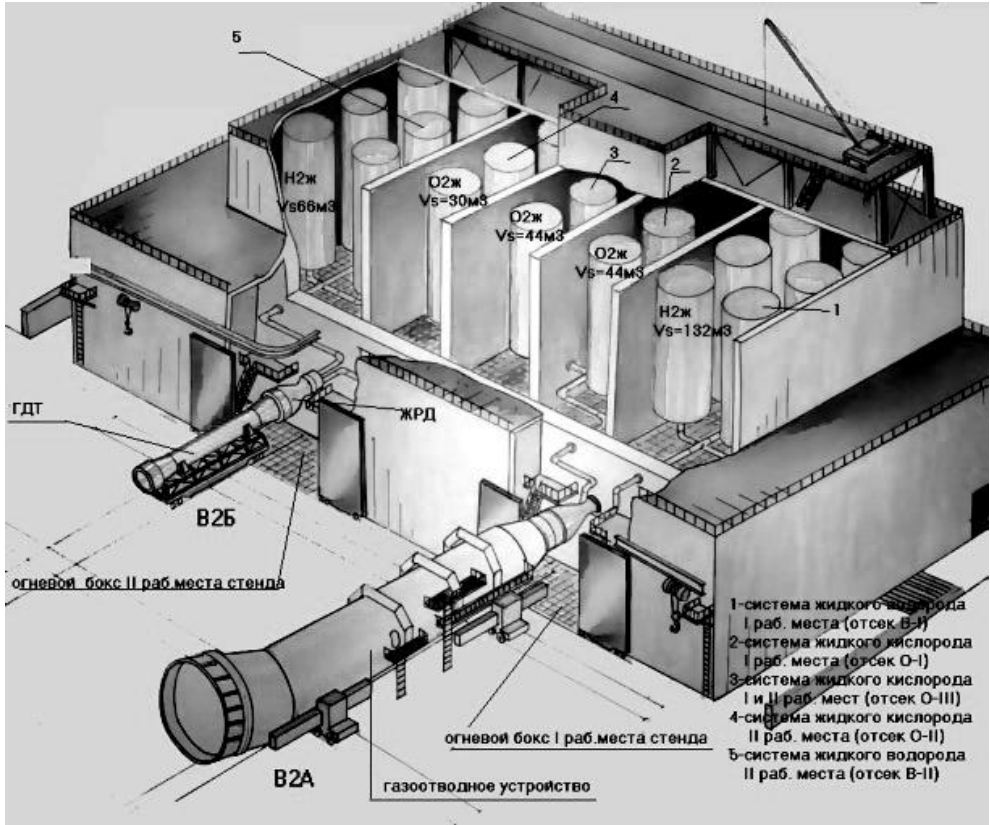


Рис. 2. 34. Комплекс кислородно-водородных стендов ФКП «НИЦ РКП» для испытаний ЖРД на жидком кислороде и жидком водороде (природном газе)

В рамках ФКП планируются завершение строительства российского сегмента Международной космической станции (МКС), создание перспективной пилотируемой орбитальной инфраструктуры, включая развертывание работ по пилотируемому космическому кораблю нового поколения для полетов к Луне, создание лунного взлетно-посадочного комплекса, межорбитальных буксиров, а также подготовка к развертыванию элементов лунной орбитальной станции и лунной базы.

В период реализации программы будут обеспечены строительство и эксплуатация на космодроме Восточный космических ракетных комплексов легкого, среднего, а также тяжелого классов. Будет выполнен основной объем работ по созданию космического ракетного комплекса с ракетой-носителем сверхтяжелого класса.



Рис. 2. 35. Испытания кислородно-водородного двигателя на стенде В-2А комплекса кислородно-водородных стендов ФКП «НИЦ РКП»

Для обеспечения выполнения этих планов должна функционировать эффективная испытательная система с технически и технологически оснащенной на высоком уровне испытательной базой.

Существующая испытательная система ракетно-космической промышленности имеет недостатки. В составе экспериментальной базы имеются свыше 1500 испытательных стендов и экспериментальных установок на 44 предприятиях. Для их содержания предприятиям требовались значительные финансовые средства, которые они недополучали из государственного бюджета, что в конечном итоге сказалось на состоянии экспериментальной базы и полноте отработки РКТ. Уровень финансового обеспечения предприятий для содержания испытательных стендов из средств госбюджета составлял в среднем 20 % от необходимого.

Состав испытательной базы был сформирован в 1980-е гг. и в настоящее время многократно превышает уровень, необходимый для выполнения современных программ создания РКТ. Загрузка востребованных испытательных стендов ракетно-космической промышленности неполная – значительная часть стендов простаивает. Результаты низкой загрузки – ускоренное физическое и моральное старение испытательной базы в целом, моральное старение технологий отработки РКТ, высокая себестоимость испытаний, снижение качества отработки изделий. Кроме того, устарела методология проведения

испытаний, так как она была разработана в то время, когда проводился большой объем испытаний и подходы к оценке готовности изделий к эксплуатации были иные.



Рис. 2. 36. Установка кислородно-водородного разгонного блока 12КРБ на стенд ВЗ комплекса кислородно-водородных стендов ФКП «НИЦ РКП»

Оценивая результативность проводимых испытаний, надо отметить, что традиционные подходы к экспериментальной отработке недостаточно эффективны, в том числе по следующим причинам:

сложившаяся в условиях космической гонки отечественная методология отработки РКТ (проведение большого числа испытаний на большом числе опытных образцов) серьезно устарела;

кадровый и, соответственно, интеллектуальный потенциал отрасли существенно ослаблен.

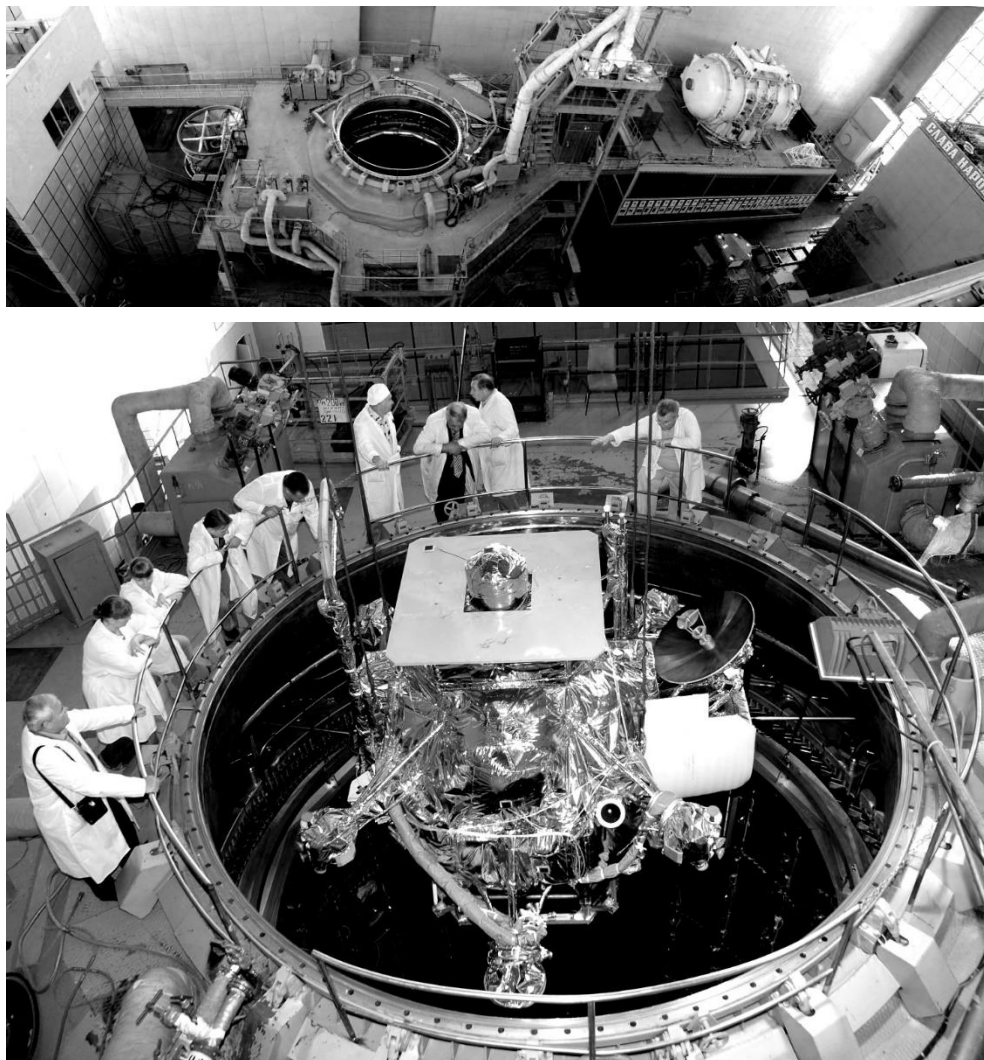


Рис. 2.37. Подготовка к тепловакуумным испытаниям космического аппарата в термобарокамере ВК-600/300 испытательной станции ИС-618 ФКП «НИЦ РКП»

В настоящее время в ракетно-космической промышленности испытательная практика ориентирована на технологии прошлого, поскольку объекты испытаний основаны на научно-технических заделах и конструкторских решениях 40...50-летней давности.

Одним из главных негативных обстоятельств, активно проявляющихся в последнее время, является то, что наземные испытания зачастую перестали

быть решающим фактором в выявлении и предупреждении нештатных ситуаций, а то и аварий со значительными материальными потерями.



Рис. 2.38. Подготовка к испытаниям двигательной установки космического аппарата на стенде ИС-101 ФКП «НИЦ РКП»

Объединенная ДУ МКС (ЭУ-917)



Дожигатель стендов 4Г, 4Е

Дожигатель сдувок Г

Дожигатель выбросов из двигателя малой тяги стенда 4А (ЭУ-917)

Рис. 2.39. Стенд для испытаний в режиме сопровождения объединенной двигательной установки российского сегмента МКС на испытательной станции ИС-104 ФКП «НИЦ РКП»



Рис. 2.40. Стенд № 9 для испытаний кислородно-керосиновых ЖРД на испытательном комплексе ОАО «КБХА»



Рис. 2.41. Стенд № 62 для испытаний ЖРД (окислитель – кислород, горючее – керосин, водород, метан) на испытательном комплексе ОАО «КБХА»

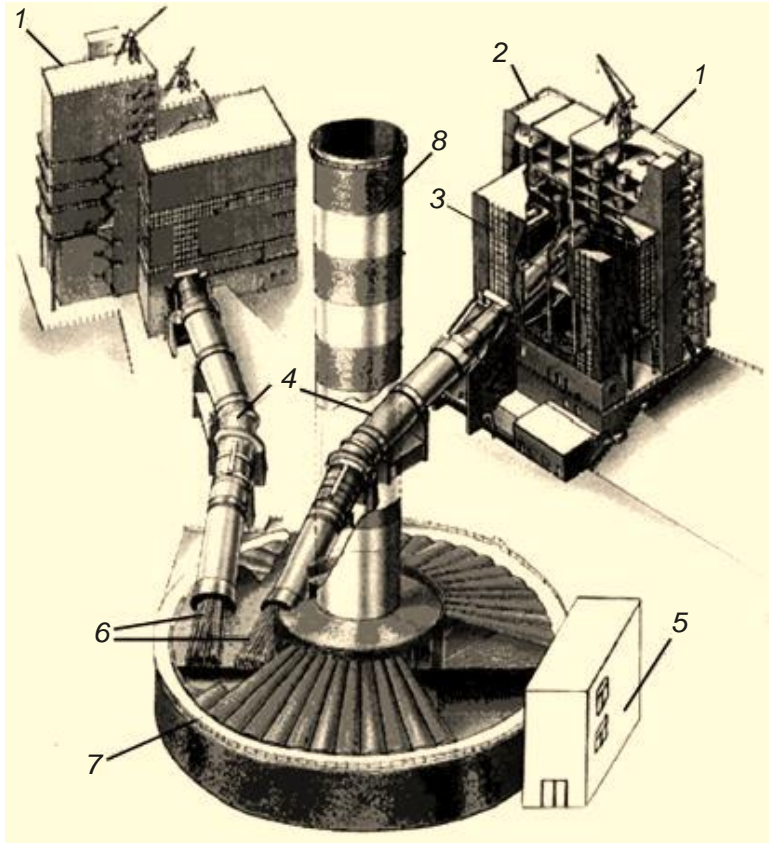


Рис. 2.42. Стенды №1 и №2 для испытаний ЖРД большой мощности (окислитель – кислород, горючее – керосин) на испытательном комплексе НПО Энергомаш:

1 – стенд №1; 2 – стенд №2; 3 – бронекamera; 4 – газодинамический тракт с системой дожигания продуктов сгорания; 5 – насосная станция системы шумоглушения; 6 – узлы ввода; 7 – гидрозаситель; 8 – труба рассеивания

Если не будут приняты радикальные меры по поддержанию и развитию испытательной базы и совершенствованию национальной испытательной системы, начнется ее деградация, которая может принять необратимый характер, и это повлечет за собой отставание России в ракетно-космической области в целом.

Существующая экспериментальная база ракетно-космической промышленности не позволяет в полной мере удовлетворять тактико-технические требования, предъявляемые к испытательным средствам. До сих пор остаются нерешенными проблемные вопросы экспериментальной базы, которые необходимо решать как на этапе проектирования и создания перспективной

РКТ, так и опережая эти этапы с учетом тенденций ее развития. Вот только некоторые из них:

процесс технического и морального старения технологических стендовых систем, отсутствие новых технологий проведения испытаний;

отсутствие испытательных стендов для отработки ракетных двигателей с имитацией высотных условий;

отсутствие непрерывного контроля качества испытаний РКТ на всех этапах жизненного цикла;

отсутствие широкого внедрения в испытательную практику информационно-измерительных технологий и имитационного математического моделирования.

Для того чтобы радикально улучшить ситуацию с экспериментальной отработкой РКТ, необходимы изменения в организации испытательной практики и принятие мер по качественному повышению технического уровня самой экспериментальной базы. Для повышения эффективности испытательной базы ракетно-космической промышленности в современных условиях необходимы современные технологии, которые были бы направлены на устранение имеющихся недостатков. Эти технологии должны касаться как организации самой испытательной деятельности, так и технических средств, которые могут быть использованы при отработке изделий. Для этого необходимо провести консолидацию информационных ресурсов, создать автоматизированную информационную систему качества испытаний, обеспечить модернизацию испытательных стендов и проведение сертификационных испытаний на завершающих этапах создания РКТ на экспериментальной базе головных предприятий Роскосмоса. Одновременно необходимо внести изменения в нормативно-техническую документацию по проведению отработки РКТ.

Анализ отечественных и зарубежных процедур сертификации сложных технических систем свидетельствует, что основная отличительная особенность зарубежной технологии их проектирования и создания заключается в сертификационной направленности всех видов работ (начиная с этапа эскизного проектирования), т.е., по существу, в реализации принципа «сквозной» сертификации. Сертификация проводится с начала проектирования на всех этапах создания опытного изделия и включает значительные объемы моделирования и наземных стендовых испытаний на воздействие широкого спектра условий и факторов жизненного цикла изделия.

Организация работ по непрерывному контролю качества испытаний РКТ на всех этапах ее жизненного цикла приведет к снижению вероятности возникновения каких-либо дефектов при штатной эксплуатации изделий, и при этом будут исключены материальные и финансовые потери при их отработке. Для этого надо внести изменения в организацию и нормативно-техническую документацию, предусматривающие принятие решения о готовности изделия к серийному производству и штатной эксплуатации ракетно-космической

техники с учетом независимой оценки качества изделий на испытательной базе головных организаций Роскосмоса.

На основе опыта контроля качества технической продукции в различных отраслях промышленности можно сделать вывод, что только независимая оценка качества проведения испытаний позволяет обеспечить достижение заданных технических характеристик изделия при его создании и серийном производстве. С учетом факта, что РКТ эксплуатируется в условиях жесткого воздействия внешних и внутренних возмущающих факторов на конструкцию изделия, актуальность независимой оценки качества испытаний изделий еще в большей степени возрастает.

Независимый контроль качества проведения испытаний РКТ должен касаться в первую очередь анализа результатов испытаний, на основании оценки которых выявляются недостатки конструкции, подтверждается готовность к изготовлению изделий, отсутствие каких-либо отклонений технологии в ходе производства изделий, а также готовность к эксплуатации в штатных условиях. Достигнутые в ходе создания изделия параметры должны подтверждаться также по результатам испытаний на испытательной базе сертификационных центров ракетно-космической промышленности.

Широкое внедрение инноваций позволит приостановить развитие негативных тенденций по снижению качества отработки отечественной РКТ за счет повышения научно-технического потенциала, используемого при ее создании.

Основой обеспечения качества отработки РКТ должны стать:

- консолидация информационных ресурсов с результатами испытаний РКТ;
- широкое внедрение методов математического и имитационного моделирования;

- совершенствование расчетных математических моделей с использованием результатов испытаний РКТ;

- подтверждение результатов математического моделирования результатами натурных испытаний РКТ;

- модернизация испытательных стендов с учетом тенденций развития РКТ и доведение технического состояния испытательных стендов до уровня, отвечающего всем современным требованиям по отработке РКТ.

2.3. Основные отличительные черты зарубежных и российской испытательных систем

Характеризуя состояние национальных испытательных систем зарубежных стран и России, можно отметить следующее.

Ракетно-космическая промышленность России и зарубежных стран подобны в части финансирования национальной испытательной системы, когда бюджетные средства страны через уполномоченного государственного заказ-

чика выделяются на разработку и создание РКТ компаниям или предприятиям и в этих средствах в рамках целевых программ предусмотрены затраты на проведение испытаний РКТ. Таким государственным органом в США является NASA или Министерство обороны, в Индии – ISRO, в РФ – Роскосмос или Министерство обороны, а получателями бюджетных средств в США являются научные центры, государственные и частные компании, в Индии – научные центры, в РФ – предприятия Роскосмоса, создаваемая Объединенная ракетно-космическая корпорация (ОРКК) и предприятия корпорации.

Принципиальные отличия по управлению ракетно-космической промышленностью заключаются в том, что правительственные органы США выполняют исключительно роль заказчика и не являются собственниками промышленности, ESA частично является собственником европейских ракетно-космических компаний, а в России, как и в Китае, практически вся ракетно-космическая промышленность является собственностью государства.

Вместе с тем национальные испытательные системы имеют свои особенности. Российские предприятия, занимающиеся созданием и изготовлением РКТ, в отличие от зарубежных компаний и центров имеют узкую специализацию, вследствие чего практически полностью зависят от государственного заказа на изделия РКТ. Предприятия ракетно-космической промышленности РФ не имеют такой возможности, которая есть за рубежом, – привлекать коммерческие структуры и учебные заведения для проведения широкого круга исследовательских работ при создании и отработке РКТ. В России отсутствуют благоприятные условия для создания и внедрения разного вида инноваций, в том числе из-за отсутствия у предприятий необходимых для этого финансовых средств.

Для содержания испытательных стендов предприятия ракетно-космической промышленности России получают около 20 % требуемых средств, что не позволяет обеспечить нормальную работоспособность стендов, поэтому предприятия вынуждены изыскивать дополнительные источники финансирования. В то же время за рубежом установлен такой минимальный уровень финансовой поддержки испытательной базы, который гарантирует работоспособность испытательных средств и их готовность к испытаниям РКТ.

Национальные испытательные системы США и РФ в части наличия подобных по назначению и техническим возможностям испытательных стендов имеют определенную избыточность, поэтому некоторые из них в США используются в интересах других отраслей. Это позволяет загрузить стенды испытаниями и не допускать их простоя. В РФ в отличие от США испытательные стенды в случае их невостребованности находятся на консервации, что требует дополнительных бюджетных средств и средств самих предприятий на их содержание.

Стратегией развития национальной испытательной системы зарубежных стран является подготовка и развитие ее опережающими темпами в сравнении с темпами создания перспективной РКТ. В РФ состояние национальной испытательной системы определяется размером выделяемых средств на ее содержание, а поскольку этих средств недостаточно, при реализации новых космических проектов всегда возникает потребность в огромных средствах для восстановления испытательных стендов и обеспечения работоспособности испытательной системы.

Национальные испытательные системы отличаются также в части проведения квалификационных и сертификационных испытаний изделий РКТ. За рубежом такие испытания проводятся независимыми научными центрами, на которые возложены эти функции. В РФ, как правило, сертификационные испытания проводят на стендах предприятий – разработчиков РКТ.

Кроме того, различием зарубежных и российских национальных испытательных систем является то, что за рубежом при разработке и создании РКТ стали создавать и использовать базы с информационными ресурсами, обеспечивающими выбор оптимальных методов сборки и проведения испытаний РКТ. Такая организация работ в России позволила бы внедрять диагностические методы оценки состояния объектов техники на всех этапах жизненного цикла и давать более объективную оценку качеству и надежности по результатам испытаний РКТ с учетом базы знаний о каждом экземпляре РКТ.

2.4. Прогноз перспектив развития национальных испытательных систем

Испытательная система США с разветвленной структурой испытательной базы, ее техническим уровнем и кадровым потенциалом на ближайшие несколько лет будет оставаться бесспорным фаворитом среди национальных испытательных систем.

По разным причинам национальная испытательная система РФ за последние двадцать лет не получила существенного развития и не стала одной из лучших по отработке самых разных видов РКТ. Пока же Россия является одним из лидеров по государственным затратам на космос. Согласно отчету Space Report 2014, совокупные госрасходы на космос в мире составили в 2013 г. 74,1 млрд дол. На США приходится больше половины – 41,3 млрд дол. Государственные расходы России на космос за последние десять лет выросли в 14 раз и в 2013 г. достигли 10 млрд дол. Сейчас по отношению государственных расходов на космос к ВВП мы занимаем первое место в мире среди ведущих держав: в 2013 г. США потратили 25 дол. на каждые 10 тыс. дол. ВВП, Китай – 4 долл., а Россия – 47 дол.

На низком уровне находятся и научные исследования в космической сфере. Как следует из OECD Patents Database, на Россию в 2000–2008 гг. приходилось лишь 1 % патентов, связанных с космической отраслью, тогда как на США – 50 %.

На протяжении последних лет существуют проблемы национальной испытательной системы РФ. Это техническое и моральное старение испытательной базы; отсутствие новых технологий проведения испытаний; отсутствие испытательных средств для отработки РКТ с имитацией реальных условий работы (стендов для испытания ракетных двигателей в высотных условиях, термобарокамер для тепловакуумных испытаний полноразмерных штатных изделий); отсутствие непрерывного контроля качества испытаний РКТ на всех этапах жизненного цикла; отсутствие широкого внедрения в испытательную практику информационно-измерительных технологий и имитационного математического моделирования; снижение кадрового потенциала и квалификации персонала.

Что касается национальной испытательной системы РФ в настоящее время, то в условиях реформирования РКП она также будет претерпевать изменения, которые связаны с перераспределением полномочий между Роскосмосом и создаваемой Объединенной ракетно-космической корпорацией.

Основной целью создания ОРКК, как это определено авторами реформы, должна стать интеграция разработчиков и производителей РКТ в единую научно-производственную структуру, которая позволит оптимизировать число предприятий, их имущественный комплекс и численность работников.

Предполагается, что ОРКК будет осуществлять разработку и реализацию стратегии инновационного развития, предусматривающую как унификацию технических решений при создании РКТ, так и единый технологический подход к производству комплектующих изделий.

В соответствии с полномочиями ОРКК будет отвечать за разработку, создание, испытания, техническое обслуживание и утилизацию военной техники, ракетных двигателей и их комплектующих, за создание и запуск космических аппаратов, пилотируемых и беспилотных космических кораблей, а также орбитальных и межпланетных станций.

Первичная обработка информации, получаемой со спутников двойного и гражданского назначений, также отнесена к компетенции ОРКК. Полный спектр услуг корпорация будет оказывать и в наземном сегменте – это операции со стартовыми и техническими комплексами, пусковыми установками, командно-измерительными комплексами.

Частью корпорации стали уже 6 интегрированных структур. В дальнейшем в ее состав войдут организации, которыми владеет Российская Федерация, включая 10 интегрированных структур, состоящих из 48 предприятий, и 14 самостоятельных организаций, в том числе 8 АО и 6 ФГУП (после их преобразования в ОАО).

Роскосмос будет выполнять надзорные функции за деятельностью предприятий ОРКК. За агентством планируется закрепить право на сбор, обобщение, учет и анализ данных о состоянии ракетно-космической промышленно-

сти, результатах ее производственной деятельности, ходе выполнения гособоронзаказа и иных федеральных программ в космической сфере. Роскосмос может проводить оценку реализуемости предприятиями ракетно-космической промышленности заданий, разрабатываемых по заказу Минобороны. С военным ведомством космическое агентство будет взаимодействовать при запусках космических аппаратов, при разработке системных исследований по развитию техники двойного назначения и в случае создания последней при совместной эксплуатации.

В результате реформирования ракетно-космической промышленности единая национальная испытательная система будет разделена на две части. Каждая из них будет включать в себя определенные технические, интеллектуальные и кадровые ресурсы, которые не получили в последнее время существенного развития, и потому в ближайшее время не стоит ожидать каких-либо положительных подвижек в изменении облика национальной испытательной системы.

При таком разделении полномочий и национальной испытательной системы вне зоны внимания Роскосмоса может остаться обеспечение объективной оценки качества и надежности РКТ. Для того чтобы это исключить, в национальной испытательной системе в обязательном порядке необходимо иметь свой независимый инструментальный подтверждение качества РКТ, функции которого могут выполнять оставшиеся в Роскосмосе головные научно-исследовательские организации. Для этого на этапе происходящих перемен в ракетно-космической промышленности следует пересмотреть организационные и методические материалы по отработке РКТ путем обновления руководящих документов по испытаниям и четко регламентировать взаимоотношения предприятий Роскосмоса и ОРКК с обязательным привлечением головных научно-исследовательских организаций отрасли к проведению работ на заключительных этапах отработки и приемки РКТ.

Положительный результат от проводимых реформ ракетно-космической промышленности может быть получен, если помимо структурных преобразований отрасли будет остановлена тенденция деградации кадрового состава, наблюдающаяся в последние 15–20 лет, так как до сих пор основной проблемой ракетно-космической промышленности является восполнение естественной убыли квалифицированных специалистов (средний возраст 60 лет) и рабочих (средний возраст превышает 50 лет), составляющих ее кадровую основу.

А пока остается надеяться, что тот потенциал, который имеет российская ракетно-космическая промышленность, включая ее национальную испытательную систему, будет повышен за счет инноваций в организации и проведении работ, что позволит не допустить снижения качества и надежности ракетно-космической техники и ослабления позиций России на мировом космическом рынке.

Список литературы к главе 2

1. **Испытательные** комплексы и экспериментальная обработка жидкостных ракетных двигателей, двигательных установок и их систем / А.Г. Галеев, К.П. Денисов, В.И. Ищенко, В.А. Лисейкин, Г.Г. Сайдов, А.Ю.Черкашин; под ред. Н.Ф. Моисеева М.: Машиностроение/Машиностроение-Полет, 2012.
2. **Кучкин В.Н., Кучкин К.В., Сайдов Г.Г.** Теоретические основы разработки испытательного оборудования для ракетно-космической техники / под ред. Г.Г. Сайдова М.: Машиностроение/Машиностроение-Полет, 2014.
3. **Теоретические** основы испытаний и экспериментальная обработка сложных технических систем / Л.Н. Александровская, В.И. Круглов, А.Г. Кузнецов и др.: Учеб. пособие. М.: Логос, 2003.
4. **Шнейдер А., Кацман Я., Топчишвили Г.** Наука побеждать в инвестициях, менеджменте и маркетинге, 2003.
5. **Коротеев А.С.** Новый этап развития ракетно-космической техники // Труды МФТИ. Т. 3. № 4 (12). 2011.
6. **Stevens R. and White A.** A DOE Laboratory plan for providing exascale applications and technologies for critical DOE mission needs, http://computing.ornl.gov/workshops/SCIDAC2010/r_stevens.pdf.
7. <http://www.bbc.com/news/science-environment-28166626>
8. http://rus.ruvr.ru/2013_10_23/Kitaj-i-mirovaja-nauka-Mezhdu-Konfuciem-i-vi-sokimi-tehnologijami-2369 <http://vpk.name/>
9. **Лисов И.** Новый старт с Вэньчана отложен на 2015 год // Новости космонавтики. 2014. № 5.
10. **Gupta S.C., Suresh B.N. and Sivan K.** Evolution of Indian launch vehicle technologies. Vikram Sarabhai Space Centre, ISRO P.O. Thiruvananthapuram 695 022, India.