**Химия, 8 класс**

**«Ракетные двигатели и химические реакции»**

**Центр «Авиация и космонавтика» на ВДНХ**

**Дополнительные материалы для учителя**

15 сентября 1931 года в Москве при Бюро воздушной техники Военно-технической секции Научно-исследовательского отдела Центрального совета Союза Осоавиахима СССР была создана Группа изучения реактивного движения (ГИРД), возглавляемая председателем Фридрихом Артуровичем Цандером.

По информации Российского государственного архива научно-технической документации, первым этапом на этом пути освоения космического пространства была деятельность Группы изучения реактивного движения — научно-исследовательской и опытно-конструкторской организации, занимавшейся разработкой ракет и двигателей к ним. Именно она положила начало ракетостроению, а ее ракеты стали основой ракетно-космической техники.

Инициатором создания ГИРД и его основателем в 1931 году был Фридрих Цандер — ученый, изобретатель, один из создателей первой советской ракеты на жидком топливе «ГИРД-X». Гирдовцы — это пионеры ракетной техники, усилиями которых были разработаны теоретические и практические основы реактивного полета, созданы первые советские ракеты и реактивные двигатели.

Практические работы Фридриха Цандера по ракетостроению явились поводом создания ГИРД и послужили научно-технической базой для дальнейшего развития исследований и разработок в этой области. Фридрихом Цандером было предложено несколько идей: создание двигателя внутреннего сгорания, работающего не только на бензине, но и на жидком кислороде, планирующий спуск при возвращении аппарата на Землю, запуск ракеты с большого аэроплана или спутника, тепловая защита аппарата при движении в плотных слоях атмосферы.

Сергей Королев считал Фридриха Цандера своим наставником и учителем. В своей книге «Ракетный полет в стратосфере» он написал: «Ближайшим последователем идей К.Э. Циолковского, горячим сторонником и энтузиастом ракетного дела был высокоталантливый инженер-изобретатель Ф.А. Цандер (1887-1933 гг.). Благодаря его работам за последние 10 лет были созданы прототипы первых советских ракетных двигателей. Ф.А. Цандер умер в 1933 г., но сумел создать дружный коллектив работников, своих учеников и последователей».

Основными направлениями деятельности ГИРД являлись:

* Научно-исследовательская, проектно-конструкторская и экспериментальная работа по созданию и испытаниям опытных образцов реактивных двигателей разных типов и ракетных летательных аппаратов;
* научно-техническая пропаганда в области ракетной техники и участие в подготовке специалистов для нее;
* подготовка кадров, специалистов ракетной техники;
* руководство и координация деятельности периферийных организаций, занимавшихся разработкой проблем ракетной техники в рамках местных организаций ОСОАВИАХИМ.

Первым большом успехом ГИРД была ракета ГИРД-09 на жидком топливе конструкции Михаила Клавдиевича Тихонравова, запущенная 17 августа 1933 года на Подмосковном полигоне Нахабино. Ракета поднялась на высоту 400 метров, продолжительность полета составила 18 секунд. Эта удача позволила гирдовцам окончательно поверить в свои силы.

Созданная под руководством Сергея Королева на основе исходных проработок проекта Фридриха Цандера жидкостная ракета ГИРД-Х была запущена 25 ноября 1933 года с двигателем 10. Стартовая масса ракеты — 29,5 кг, масса топлива — 8,3 кг, длина — 2,2 м, подача топлива — вытеснительная. При пуске ракета взлетела вертикально на высоту 75-80 м, затем, вследствие разрушения крепления двигателя и трубки горючего, круто отклонилась от вертикали и упала в 150 метрах от места старта.

Историческое значение деятельности ГИРД заключается в формировании основных направлений ракетной техники и в создании школы ракетостроения. За два года существования она выполнила широкий комплекс научных теоретических и экспериментальных исследований, провела летные испытания жидкостных ракет, подготовила кадры высококвалифицированных специалистов не только внутри группы, но и в других организациях, что способствовало появлению в дальнейшем крупных ученых и исследователей в области освоения космического пространства.

Наряду с научно-производственной работой важным направлением деятельности ГИРД явились пропаганда и популяризация ракетной техники. Также стояла задача подготовить кадры специалистов в области ракетостроения. Кроме того, создание ГИРД сопровождалось образованием аналогичных групп энтузиастов реактивной техники и межпланетных сообщений и в других городах. В связи с этим развивалось еще одно направление деятельности группы — руководство деятельностью местных гирдовских организаций.

Успешные результаты деятельности ГИРД показали необходимость создания единого научно-исследовательского и опытно-конструкторского центра для объединения усилий ученых и конструкторов с целью дальнейшего развития работ в области ракетостроения — новой отрасли народного хозяйства. Таким центром явился Реактивный научно-исследовательский институт, созданный в 1933 году на базе Группы изучения реактивного движения и Газодинамической лаборатории.

# **Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ)**

Научно-исследовательское и опытно-конструкторское учреждение в СССР по разработке реактивной (ракетной) техники было создана в Москве согласно приказу РВС СССР от 21.09.1933 путём слияния Газодинамической лаборатории (ГДЛ) и Группы изучения реактивного движения (ГИРД). Начальником РНИИ назначен И.Т. Клеймёнов, заместителем - С.П. Королёв, а с января 1934 - Г.Э. Лангемак, являвшийся одновременно и главным инженером института. Научное руководство РНИИ осуществлял технический совет в составе Г.Э. Лангемака (председатель), В.П. Глушко, В.И. Дудакова, Королёва, Ю.А. Победоносцева, М.К. Тихонравова. Почётным членом совета избран К.Э. Циолковский. 31 октября 1933 г. в целях более тесной связи с промышленностью РНИИ передан из военного ведомства в ведение Наркомата тяжелой промышленности. В декабре 1936 г. РНИИ переименован в НИИ-3 Наркомата оборонной промышленности (с 1939 г. - Наркомата боеприпасов). Постановлением ГКО СССР от 15.07.1942 преобразован в Государственный институт реактивной техники при СНК СССР. Директора института: Б.М. Слонимер (1937-1941), А.Г. Костиков (1942-1944).

Первоначально РНИИ состоял из 4 отделов: ракет на твёрдом топливе; ракет на жидком топливе; авиационного; химических и механических испытаний, а также технического бюро и мастерских. Отделы института охватывали опытно-конструкторскими разработками все основные направления ракетной техники. Под руководством Лангемака разрабатывались пороховые реактивные снаряды (PC) и пусковые установки ракет (ПУ) различного назначения, осуществлён перевод PC на шашки из нитроглицеринового пороха вместо пироксилин-тротилового, применявшегося ранее. Порох нового состава обладал большей теплотой сгорания и отвечал требованиям крупномасштабного производства. После успешных испытаний снарядов в боевых действиях на р. Халхин-Гол (1939) PC приняты на вооружение и впоследствии широко применялись во время Великой Отечественной войны. С 1939 г. в РНИИ начались работы по созданию многозарядной самоходной ПУ со снарядом РС-132 для реактивной артиллерии сухопутных войск. В том же году ПУ и PC прошли заводские и полигонные испытания. В 1940 г. на заводах Наркомата боеприпасов СССР с участием РНИИ освоено промышленное производство РС-132. В сентябре - октябре 1941 г. СКБ завода «Компрессор» при участии РНИИ разработало ПУ БМ-8-24 для РС-82 на танке Т-40. В годы войны РНИИ совместно с промышленностью создал реактивные снаряды М-20, -31, -13 ДД для боевых машин реактивной артиллерии.

Важным направлением деятельности РНИИ была разработка экспериментальных баллистических ракет и крылатых ракет. Под руководством Королёва разработаны проекты управляемых крылатых ракет «212» с гироскопическим автопилотом и «301» с радиокомандной системой наведения, оснащённых ЖРД ОРМ-65, а также серия ракет на РДТТ. Разработками по устойчивости полёта ракет занимался Б.В. Раушенбах, теоретическими исследованиями в области высотных ракет - А.А. Штернфельд. Был разработан ракетопланёр РП-318 с ЖРД ОРМ-65, на котором В.П. Фёдоров впервые в СССР совершил полёт в 1940 г. Другим важнейшим направлением было исследование и разработка ЖРД. В 1934–1939 гг. в институте спроектировано, изготовлено и испытано несколько десятков образцов ЖРД серии ОРМ, работавших на азотной кислоте и керосине. В апреле 1939 г. в состав РНИИ вошло КБ-7, занимавшееся разработкой жидкостных ракет. КБ разработало 28 кислородно-спиртовых и один комбинированный ракетный двигатель. В 1942 г. в РНИИ создан ЖРД Д-1-А-1100 (имел вытеснительную подачу топлива и дроссельную систему регулирования тяги), который применялся на истребителе БИ-1 (конструктор А.Я. Березняк). В 1944 г. для этого самолёта под руководством A.M. Исаева был создан реактивный двигатель РД-1. В 1934-1944 гг. в РНИИ проводились экспериментальные исследования прямоточных воздушно-реактивных двигателей, полностью подтвердившие теоретические выводы Б.С. Стечкина о целесообразности использования таких двигателей при сверхзвуковых скоростях полёта.

Объединение в РНИИ усилий ведущих специалистов в области реактивного движения и ракетостроения, сочетание научных исследований и опытно-конструкторских разработок с испытаниями и доводкой конкретных образцов двигателей и ракет способствовали созданию научного фундамента, на базе которого в дальнейшем началось быстрое развитие ракетной техники, реактивной авиации и космических исследований. Многое из того, что было достигнуто в то время, могло быть реализовано ещё в довоенные и военные годы. Однако этому помешали репрессии во второй половине 30-х гг. в отношении сотрудников института, в т. ч. Глушко, Клеймёнова, Королёва и Лангемака. В 1944 г., в соответствии с постановлением ГКО СССР, Институт был ликвидирован, а создание реактивной авиации возложено на образованный Научно-исследовательский институт реактивной авиации Наркомата авиационной промышленности (НИИРА НКАП). Правопреемником РНИИ является Исследовательский центр имени М.В. Келдыша Российского космического агентства. Учитывая большой вклад РНИИ в развитие ракетостроения, в 1966 г. наименование «РНИИ» присвоено кратерной цепочке протяжённостью 540 км на обратной стороне Луны.

**Система аварийного спасения (САС)**

Средства спасания жизни космонавтов нужны при возникновении аварийных ситуаций на различных этапах полета космических кораблей. Они подразделяются на средства спасения в случае аварии на старте и [при выведении космического корабля на орбиту](http://encyclopedia.mil.ru/encyclopedia/dictionary/details.htm?id=10238%40morfDictionary), в орбитальном полете, при спуске и посадке. Они могут быть индивидуальными (скафандры, отделяемые капсулы) и групповыми (отделяемые кабины с органами стабилизации и управления (полетом); по месту нахождения — бортовыми и наземными.

Если авария происходит не на старте космического корабля, а во время его полета, корабль [отделяется от аварийной ракеты](http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/6741/) с помощью пиропатронов и толкателей. Могут использоваться и небольшие двигатели экстренного отделения.

Если авария происходит на старте, то [используется система аварийного спасения космонавтов](http://www.arms-expo.ru/news/perspektivnye_razrabotki/dvigateli_iskry_spasayut_svoikh_i_porazhayut_protivnika/) (САС). На кораблях серии "Союз" она обеспечивает спасение космонавтов с нуля до 140 секунды полета при наличии определенных отклонений от штатного режима пуска космического корабля.

САС ставится на головном обтекателе ракеты "Союз" и при нештатной ситуации на старте за считанные секунды выдергивает кабину с экипажем, поднимает ее на высоту, отводит от места старта и на раскрывшихся парашютах [опускает на землю](https://www.roscosmos.ru/3763/).

Это единственная система, которая сильно интегрирована и в систему корабля, и в систему ракеты-носителя. Скоротечность аварийной ситуации требует решительных и быстрых действий, поэтому все двигатели САС — твердотопливные, с максимальной тягой. По сравнению с жидкостными они проще, надежнее и быстрее набирают максимальную тягу. Двигательная установка САС приводится в готовность ровно за 15 минут до намеченного старта. Она состоит из основного двигателя, двигателя разделения и управляющего двигателя.

САС обеспечивает безопасность не только на старте, но и в первые мгновения полета. Только когда корабль выходит из плотных слоев атмосферы, установка отделяется от ракеты и опускается на Землю.

Есть два режима работы двигательной установки САС: режим штатного сброса и режим аварии. При штатном разделении работают двигатели разделения. Их задача — увести двигательную установку САС от ракеты, которая продолжает движение. В режиме аварии работают все двигатели. Тогда задача двигателей — увести капсулу с космонавтами на безопасное расстояние.

При получении аварийной команды корабль делится как бы пополам. Очень тяжелый приборно-агрегатный отсек остается на ракете-носителе, а весь головной обтекатель со спускаемым аппаратом и расположенным над ним бытовым отсеком начинает уводиться с помощью двигателей САС.

Двигательная установка САС — [самая тяжелая часть всей системы спасения](http://www.tvroscosmos.ru/5407/). Она весит почти тонну, внутри примерно столько же твердого топлива.

Впервые в истории космонавтики система аварийного спасения экипажа сработала 5 апреля 1975 года при выведении на орбиту космического корабля "Союз-18". После запуска первые две ступени ракеты-носителя отработали штатно, но двигатели третьей ступени, которая должна была обеспечить набор третьей космической скорости — около восьми километров в секунду, не запустились.

Сработавшая система аварийного спасения сбросила головной обтекатель, разделила отсеки корабля, и спускаемый аппарат начал аварийный спуск с высоты примерно 170 километров. Во время возвращения на Землю в спускаемой капсуле корабля советские космонавты Василий Лазарев и Олег Макаров [испытали критическую перегрузку](https://ria.ru/science/20100702/251787270.html) в 21,3 g и кратковременную остановку сердца, но вернулись живыми.

Второй раз система САС сработала 26 сентября 1983 года при старте космического корабля "Союз Т-10-1", когда произошел пожар на ракете-носителе. За две секунды до ее разрушения система автоматического спасения унесла спускаемый аппарат с космонавтами Владимиром Титовым и Геннадием Стрекаловым на безопасное расстояние и обеспечила их благополучное приземление. За четыре секунды твердотопливные двигатели САС подняли кабину с космонавтами на высоту до 950 метров, где и раскрылся парашют. Через пять минут спускаемый аппарат с космонавтами приземлился в четырех километрах от места аварии.

Еще раз САС сработала 11 октября 2018 года, когда во время старта ракеты-носителя "Союз-ФГ" с кораблем "Союз МС-10" с новым экипажем Международной космической станции произошла "авария носителя". На 12-й секунде полета космического корабля после отделения первой ступени [произошла нештатная ситуация](https://ria.ru/space/20181011/1530449867.html), по результатам которой экипажем было принято решение об отделении капсулы с космонавтами от космического корабля. Приземление капсулы произошло в районе города Жезказган (Казахстан). Члены миссии МКС-57/58, российский космонавт Алексей Овчинин и американский астронавт Ник Хейг, [выжили](https://ria.ru/space/20181011/1530450149.html).

**Как работает ракетный двигатель?**

Полеты в космос, одно из самых вдохновляющих достижений человечества, невозможны без ракетного двигателя. С одной стороны, принцип его работы максимально прост, а с другой – всего несколько стран могут похвастаться ракетными двигателями собственного производства.

С момента старта Гагарина и по сей день все российские космонавты поднимаются с поверхности Земли с помощью двигателей РД-107/108. Серийное производство этих исключительно надежных двигателей продолжается на самарском предприятии Ростеха «ОДК-Кузнецов». Объяснить принцип действия реактивных двигателей можно даже ребенку. Для этого достаточно отпустить надутый воздушный шарик, который под влиянием выталкиваемого воздуха полетит в противоположном направлении. Движение и шарика, и ракеты происходит согласно третьему закону Ньютона: действию всегда есть равное и противоположное противодействие. Действие из ничего не возникает. Чтобы обеспечить действие, требуется энергия. В шарике это потенциальная энергия сжатого, в меру возможностей ваших легких, воздуха. Отличие ракеты заключается в том, что для выхода за пределы атмосферы требуется выбрасывать большие массы вещества с очень большой скоростью, что требует подвода огромного количества энергии. Это и делает ракетный двигатель.

Самым распространенным типом двигателей для космических программ сегодня являются жидкостные ракетные двигатели (ЖРД), в которых в качестве топлива используются жидкие горючее и окислитель. К этому типу относится и российский РД-107/108.

Жидкостные двигатели на сегодняшний момент самые мощные и универсальные ракетные двигатели, с помощью которых совершается большинство полетов в космос. Они отличаются высоким удельным импульсом, то есть при меньшей массе израсходованного топлива создают большую тягу. Кроме того, ЖРД позволяют активно управлять уровнем тяги и могут использоваться много раз. При этом по сравнению с другими видами ракетных двигателей, например твердотопливными, они значительно сложнее и дороже, поэтому основная их сфера применения – космонавтика и обеспечение выведения орбитальных и межпланетных аппаратов.

## Как работает жидкостный ракетный двигатель

Чтобы получить полезное действие, достаточное для прорыва в космос, нужно получить большое количество энергии − эффективно сжечь большое количество топлива. Как известно, любой процесс горения представляет собой химическую реакцию окисления. И если на Земле для других видов тепловых двигателей в качестве окислителя можно использовать атмосферный кислород, то для ракетного двигателя, и тем более в космосе, окислитель и горючее надо иметь непосредственно в ракете и лучше всего в максимально плотном и удобном для подачи жидком виде. В РД-107/108 в качестве окислителя используется жидкий кислород, а в качестве горючего – керосин.

В камере сгорания подаваемые специальными насосами в нужном количестве и с необходимым давлением окислитель и горючее смешиваются и сгорают. Горячие (с температурой в несколько тысяч градусов) продукты сгорания в конструкции особого профиля – сверхзвуковом сопле Лаваля – разгоняются до многократно сверхзвуковых скоростей и уходят в пространство. Если умножить сумму секундных расходов масс горючего и окислителя на скорость выхода продуктов сгорания из сопла, можно в первом приближении получить силу тяги двигателя. Так в общих чертах можно описать схему работы жидкостного ракетного двигателя.

## Устройство РД-107/108

Двигатель РД-107/108 состоит из четырех камер сгорания, турбонасосного агрегата, газогенератора, испарителя азота для наддува баков ракеты и комплекта агрегатов автоматики. Для управления полетом ракеты на двигателях имеются рулевые камеры: два на РД-107 и четыре на РД-108.

Несоизмеримые с возможностями существующих металлов температуры горения и продуктов сгорания, большое количество выделяемого тепла требуют охлаждения стенок камеры сгорания и сопла. В РД-107/108 эта инженерная задача решается двухстеночной конструкцией камеры сгорания и сопла и организацией охлаждения стенки со стороны горячего тракта подачей горючего (керосина) в камеру сгорания через межстеночные пространства.

Вторая особенность РД-107/108 − открытая схема сброса генераторного газа. Окислитель и горючее хранятся в отдельных баках и подаются в систему с помощью турбонасосного агрегата (ТНА). Для привода насосов горючего и окислителя используется турбина, в качестве рабочего тела для которой используется парогаз – продукт каталитического разложения пероксида водорода. Выхлопы турбины выбрасываются за срез сопла.

**Рекордсмен космоса**

Разработка двигателей РД-107 и РД-108 проходила в 1954–1957 годах под руководством выдающегося конструктора Валентина Глушко. Двигатели предназначались для первой в мире межконтинентальной баллистической ракеты Р-7, модификация которой в 1957 году доставила в космос первый искусственный спутник Земли. В 1961 году двигатели обеспечили первый полет человека в космос. На протяжении более 60 лет российские ракеты «Союз» поднимаются в небо с помощью двигателей РД-107/108 и их модификаций. Серийное производство двигателей налажено на самарском заводе «ОДК-Кузнецов», входящем в Объединенную двигателестроительную корпорацию Ростеха.

Программа РД-107/108 продолжает развиваться, создаются новые модификации – всего разработано 18 вариантов для различных программ. Сегодня модификациями двигательных установок РД-107А/РД-108А оснащаются I и II ступени всех ракет-носителей среднего класса типа «Союз». Все пилотируемые и до 80% грузовых космических кораблей в России взлетают благодаря этим двигателям.

РД-107/108 уже поставил свой космический рекорд по долголетию. Конечно, когда-нибудь и его время пройдет, но сегодня запас для совершенствования двигателя еще не исчерпан.