



двухнедельный —
иллюстрир. журналъ
посвященный —
воздухоплаванию.

РУССКОЕ ВОЗДУХОПЛАВАНІЕ.
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТДѢЛЬ.

НОВЫЕ АЭРОПЛАНЫ
НОВЫЕ РЕКОРДЫ. —
ХРОНИКА —
ВОЗДУХОПЛАВАНІЯ.

ВОЗВЪЗТНУЖЪ ВОЗДУХОПЛАВАНІЯ

REVUE DE NAVIGATION AÉRIENNE

№ 19-й.



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ
ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ ЖУРНАЛЪ
„ВѢСТНИКЪ ВОЗДУХОПЛАВАНІЯ“

(„БИБЛИОТЕКА ВОЗДУХОПЛАВАНІЯ“)

ВЫХОДИТЬ ДВА РАЗА ВЪ МѢСЯЦЪ ВЪ РАЗМѢРѢ 4—6 ПЕЧАТНЫХЪ ЛИСТОВЪ.

ПОДПИСНАЯ ЦѢНА: НА ГОДЪ—10 Р., ПОЛГОДА—6 Р., ТРИ МѢСЯЦА—3 Р. 50 К., ОДИНЪ МѢСЯЦЪ—1 Р.
СПБ., Вознесенскій пр., 28. Телефонъ 503-66. Телегр. адр.: СПБ. «Мобиль».

№ 19.

ОКТАБРЬ.

1911.

Содержаніе № 19-го.

	Стр.	Новые аэропланы.	Стр.
Передача силы и движенія въ воздухоплавательныхъ аппаратахъ. <i>Александръ Дюма</i>	2	Аэропланъ инженера Я. М. Гаккель съ двигателемъ въ 80—100 HP. (съ 3 рис.)	29
Шасси аэроплановъ, участвовавшихъ во французскомъ конкурсѣ военнаго министерства въ Реймсѣ (съ 1 рис.)	4	Стальной аэропланъ Морана-Борея (съ 3 рис.) <i>Д. Г.</i>	31
О поддерживающихъ поверхностяхъ аэроплановъ. <i>А. К—вс</i> (съ 11 рис.)	7	Хроника воздухоплавательной жизни въ Россіи.	
Оборудованіе воздушныхъ судовъ станціями безпроводнаго телеграфа. (Окончаніе). <i>Полковника Д. М. Сокольцева</i> (съ 3 рис.)	13	Мое обученіе въ школѣ Блеріо въ По и въ Этампѣ (съ 4 рис.) <i>Авиатора А. Раевскаго</i>	34
Ислѣдованіе міровыхъ пространствъ реактивными приборами. <i>К. Э. Циолковскаго</i> (съ 1 рис.)	16	Разныя извѣстія	36
Новые опыты Эйфеля (съ 7 рис.) <i>Ю. Н. И. У. Красовскій</i>	22	Хроника воздухоплавательной жизни за границей.	
Змѣй системы подп. Ульянина (съ 2 рис.) <i>Ю. Н. И. Политковскій</i>	27	Открытіе 3-го Салона	37
		Разныя извѣстія	38
		Фотографіи корреспондентовъ «Вѣстника Воздухоплаванія» среди текста.	
		Объявленія	39

ВЕРБЛЮЖЬЯГО ПУХА

МУЖСКІЕ И ДАМСКІЕ

Варезы, светры, рейтузы, чулки, теплые лоступы, наколѣнники, нагрудники, шлемы, шапки, капора, шарфы, перчатки, рукавицы, жилеты и др.

ОСОБО ТЕПЛЫЯ
ДЛЯ ОХОТЫ И СПОРТА

Ю. ГОТЛИБЪ.

СПБ. Владимірскій пр., 2,
уголь Невскаго.

Исслѣдованіе міровыхъ пространствъ реактивными приборами ¹⁾.

Реактивный приборъ «Ракета» К. Циолковскаго.

I. Предисловіе.

Долго на ракету я смотрѣлъ, какъ и всѣ: съ точки зрѣнія увеселеній и маленькихъ при- мѣненій.

Не помню хорошо, какъ мнѣ пришло въ голову сдѣлать вычисленія, относящіяся къ ракетѣ.

Мнѣ кажется, первая сѣмена мысли заро- нены были извѣстнымъ фантазеромъ Ж. Вер- номъ; онъ пробудилъ работу моего мозга въ извѣстномъ направленіи. Явились желанія; за желаніями возникла дѣятельность ума. Ко- нечно, она ни къ чему бы не повела, если бы не встрѣтила помощи со стороны науки.

Кромѣ того, мнѣ представляется,—вѣро- ятно, ложно,—что основныя идеи и любовь къ вѣчному стремленію туда, — къ Солнцу, къ освобожденію отъ цѣпей тяготѣнія,—во мнѣ заложены чуть не съ рожденія. По крайней мѣрѣ, я отлично помню, что моей любимой мечтой, въ самомъ раннемъ дѣтствѣ, еще до

¹⁾ *Отъ Редакціи.* Ниже мы приводимъ интерес- ную работу одного изъ крупныхъ теоретиковъ воз- духоплаванія въ Россіи К. Э. Циолковскаго, посвя- щенную вопросу о реактивныхъ приборахъ и о полетѣ въ безатмосферной средѣ.

Авторъ ниже самъ указываетъ на грандіозность развиваемой имъ идеи, не только далекой отъ осу- ществленія, но еще не воплотившейся даже въ болѣе или менѣ конкретныя формы.

Математическія выкладки, на которыхъ основы- ваетъ авторъ свои дальнѣйшіе выводы, даютъ ясную картину теоретической осуществимости идеи. Но трудности, которыя неизбѣжны и огромны при той непривычной и неизвѣстной для насъ обстановкѣ, въ которую стремится проникнуть авторъ въ своемъ исслѣдованіи, позволяютъ намъ лишь мысленно слѣ- довать за разсужденіями автора.

Въ сообщенномъ намъ письмѣ К. Э. Циолковскаго авторъ такъ смотритъ на свою работу:

«Я разработалъ нѣкоторыя стороны вопроса о поднятій въ пространство съ помощью реактивнаго прибора, подобнаго ракетѣ.

книгъ, было смутное сознаніе о средѣ безъ тяжести, гдѣ движенія во всѣ стороны со- вершенно свободны и гдѣ лучше, чѣмъ птицѣ въ воздухѣ. Откуда явились эти желанія,—я до сихъ поръ не могу понять; и сказокъ та- кихъ нѣтъ, а я смутно вѣрилъ, и чувство- валъ, и желалъ именно такой среды безъ путь тяготѣнія.

Старый листокъ, въ моихъ рукописяхъ, съ окончательными формулами, относящимися къ реактивному прибору, помѣченъ датой: 25 августа 1898 г. Очевидно, занимался я имъ раньше. Но не жалкій полетъ ракеты плѣ- нилъ меня, а точные расчеты. Свои вычисле- нія и выводы изъ нихъ я обнародовалъ въ 1903 г. ²⁾. Настоящая работа есть развитіе этой. Но такъ какъ напечатанный трудъ мало кому извѣстенъ, то здѣсь я помѣщаю его резюме и даже важнѣйшія его формулы.

Избави меня Боже претендовать на рѣ- шеніе вопроса. Сначала неизбѣжно идутъ:

Математическіе выводы, основанные на научныхъ данныхъ и много разъ провѣренныя, указываютъ на возможность съ помощью такихъ приборовъ подни- маться въ небесное пространство и, можетъ быть,— основывать поселенія за предѣлами земной атмо- сферы.

Пройдутъ, вѣроятно, сотни лѣтъ, прежде чѣмъ высказанные мною взгляды найдутъ примѣненіе и люди воспользуются ими, чтобы расселиться не только по лицу земли, но и по лицу всей вселен- ной. (Однако, примѣненія къ военному дѣлу уже начались. См. «Вѣстникъ Воздухоплаванія» № 2, стр. 25, 1911 г.).

Почти вся энергія Солнца пропадаетъ въ на- стоящее время бесполезно для человѣчества (земля получаетъ въ два миллиарда разъ меньше, чѣмъ ис- пускаетъ солнце). Что страннаго въ идеѣ воспользо- ваться этой энергіей! Что страннаго въ мысли вос- пользоваться и окружающимъ земной шаръ беспре- дѣльнымъ пространствомъ! Во всякомъ случаѣ,—не- ужели грѣшно высказывать подобныя идеи, разъ онѣ являются плодомъ серьезнаго труда»...?

²⁾ Научное обозрѣніе № 5, 1903 г.

мысль, фантазія, сказка; за ними шествуетъ научный расчетъ, и уже, въ концѣ концовъ, исполненіе вѣнчаетъ мысль.

Моя работа относится къ средней фазѣ творчества.

Болѣе, чѣмъ ктонибудь, я понимаю бездну, раздѣляющую идею отъ ея осуществленія,— такъ какъ въ теченіе моей жизни я не только много вычислялъ, но и *исполнялъ*, работая также *руками*.

Но нельзя не быть идеѣ: исполненію предшествуетъ мысль, точному расчету—фантазія.

Я буду радъ, если моя работа побудитъ другихъ къ дальнѣйшему труду.

Всѣ знаютъ, какъ невообразимо велика, какъ безгранична вселенная. Всѣ знаютъ, что и вся солнечная система, съ сотнями своихъ планетъ, есть точка въ мірѣ.

Проникни люди въ солнечную систему, распоряжайся въ ней, какъ хозяйка въ домѣ: раскроются ли тогда тайны міра? Нисколько! Какъ осмотрѣть какого-нибудь камушка или раковины не раскроетъ еще тайнъ океана. Если бы даже люди овладѣли другимъ солнцемъ, изслѣдовали весь млечный путь,—эти миллиарды солнцъ, эти сотни миллиардовъ планетъ,—то и тогда мы сказали бы то же. И миллиарды эти—точка, и они бы не разоблачили тайнъ міра, тайнъ Бога. Вся вселенная есть только прахъ Его одеждъ, Его мимолетная мысль, и всѣ наши познанія, настоящія и будущія, ничто въ сравненіи съ тѣмъ, что мы никогда не будемъ знать...

Но какъ жалокъ челоуѣкъ въ своихъ заблужденіяхъ! Давно ли было время, когда поднятіе на воздухъ считалось конщунственнымъ покушеніемъ и каралось казнью, когда разсужденіе о вращеніи земли наказывалось сожженіемъ.

Неужели во всѣ вѣка суждено людямъ повторять свои ошибки?!...

2. Резюме работы 1903 г.

Работая надъ теоріею реактивного прибора съ 1896 г., мы пришли къ слѣдующимъ выводамъ.

Снарядъ имѣетъ снаружи видъ безкрылой птицы, легко разсѣкающей воздухъ.

Большая часть внутренности снаряда занята двумя веществами въ жидкомъ состояніи: водородомъ и кислородомъ. Обѣ жидкости раздѣлены перегородкой и соединяются между собою только мало-помалу. Остальная часть камеры, меньшей вмѣстимости, назначена для помѣщенія наблюдателя и разнаго рода аппаратовъ, необходимыхъ для сохраненія его жизни, для научныхъ наблюденій и для управленія «ракетой» (такъ назвали мы нашъ реактивный приборъ).



Схема реактивного прибора К. Э. Циолковского.

Водородъ и кислородъ, смѣшиваясь въ узкой части постепенно расширяющейся трубы, въ родѣ духового музыкальнаго инструмента, соединяются химически и образуютъ водяной паръ при страшно высокой температурѣ. Онъ имѣетъ огромную упругость и вырывается изъ широкаго отверстія трубы съ ужасающею скоростью по направленію трубы или продольной оси камеры. Направленіе давленія пара и направленіе полета снаряда прямо противоположны.

Давленіе пара, обыкновенно, совпадаетъ съ направленіемъ движенія ракеты. При ея остановкѣ или замедленіи бываетъ наоборотъ. Движеніе же пара, при ускоряющемся ходѣ ракеты, противоположно ея движенію; при замедляющемся—наоборотъ. Говорю тутъ о кажущемся движеніи пара,—относительно ракеты.

Взрывная труба, идущая вдоль продольной оси ракеты, черезъ центръ ея инерціи, охлаждается низкой температурой жидкаго кислорода и водорода, окружающихъ трубу или ея кожухъ.

Эти свободно испаряющіяся жидкости имѣ-

ютъ температуру около 200—250 град. Цельсія ниже нуля и препятствуютъ расплавленію трубы внутренней весьма высокой температурой. Такъ какъ взрываніе продолжается всего лишь нѣсколько минутъ, то потеря холодныхъ жидкостей отъ ихъ испаренія не велика.

Вращеніе ракеты можно устранить разными автоматически дѣйствующими приборами, такъ что направленіе продольной оси ракеты и полетъ ея будутъ, приблизительно, имѣть одно направленіе: путь ея—прямая линія.

Простѣйшимъ способомъ управленія направленіемъ ракеты служить поворачиваніе конца раструба или руля передъ нимъ. При поворачиваніи ихъ газы принимаютъ иное направленіе, и снарядъ поворачивается или регулируется.

Энергія химическаго соединенія водорода съ кислородомъ громадна. Значительная часть ея, именно до 0,65 (65%), передается ракетѣ, т. е. переходитъ въ энергію ея движенія. Остальная часть (35%) идетъ на движеніе водяного пара. Такая значительная часть энергіи взрывчатыхъ веществъ усваивается ракетой въ средѣ свободной отъ тяготѣнія; въ средѣ же тяжести такое усвоеніе можетъ быть лишь при моментальномъ взрывѣ, совершенно непригодномъ въ практическомъ отношеніи. Чѣмъ медленнѣе взрывъ, чѣмъ долѣе онъ продолжается въ средѣ тяжести и чѣмъ сильнѣе послѣдняя, тѣмъ меньше утилизація энергіи взрывчатыхъ веществъ.

Въ средѣ же безъ тяжести утилизація не зависитъ отъ времени и порядка взрыванія.

Благодаря ускоряющемуся движенію ракеты, внутри ея образуется кажущаяся (пока совершается ускореніе ракеты) или временная тяжесть, которая тѣмъ больше, чѣмъ взрывъ быстрѣе или чѣмъ давленіе вырывающихся изъ трубы паровъ больше. Эта относительная тяжесть по дѣйствіямъ своимъ внутри ядра ничѣмъ не отличается отъ натуральной тяжести. При моментальномъ взрывѣ она безконечно велика и потому какъ самая ракета, такъ и все, заключающееся въ ней, должно

разрушиться и погибнуть. Вотъ почему моментальный или черезчуръ быстрый взрывъ негоденъ.

Когда временная тяжесть въ теченіе взрыва достигаетъ 10, т. е. въ 10 разъ больше, чѣмъ у поверхности земли, то усваивается 0,9 (90%) наибольшаго усвоенія энергіи взрывчатыхъ веществъ въ средѣ безъ тяжести, именно $0,65 \times 0,9 = 0,585$, т. е. болѣе 58% всего количества потенциальной химической энергіи, заключенной въ смѣси водорода съ кислородомъ.

При наклонномъ полетѣ ракеты утилизируется гораздо большее количество запасенной энергіи. Въ предѣлѣ, когда полетъ горизонталенъ, утилизація наибольшая и достигаетъ, при удесятеренной временной тяжести внутри ракеты, 0,99 или 99%. При полетѣ ракеты подъ угломъ въ $14\frac{1}{2}^\circ$ къ горизонту незначительное сопротивление атмосферы только учетверяется сравнительно съ вертикальнымъ полетомъ, между тѣмъ какъ утилизируется при такомъ наклонѣ 0,965. Это составитъ $0,627$ ($0,65 \times 0,965$) полной химической энергіи взрывчатыхъ веществъ.

Наибольшая утилизація (65%), какъ въ средѣ тяжести, такъ и въ средѣ безъ тяжести, получается тогда только, когда количество взрывчатой смѣси въ 4 раза превышаетъ вѣсъ снаряда со вѣсѣмъ содержимымъ; въ противномъ случаѣ утилизація меньше 65%. При этомъ отношеніи (4) количества взрывчатыхъ веществъ къ вѣсу снаряда (1), послѣдній пріобрѣтаетъ до 9 километровъ скорости въ одну секунду. Снарядъ можетъ получить и произвольно большую и произвольно меньшую скорость, но тогда используется меньшее количество энергіи взрывчатого матеріала. Этотъ процентъ утилизаціи тѣмъ меньше, чѣмъ больше уклоненіе относительнаго количества взрывчатыхъ веществъ отъ числа 4.

При отношеніи отъ 1 до 18 использованіе энергіи болѣе 48%; соотвѣтствующія скорости въ средѣ безъ тяжести колеблются отъ 3,9 до 16,9 километра въ секунду. Послѣдней

скорости болѣе, чѣмъ достаточно, для одолѣнія притяженія солнца и земли и блужданія ракеты между звѣздами,—при бросаніи ея по направленію годового движенія земли.

Дѣйствительно, расчетъ [даетъ двѣ главныхъ скорости бросанія: въ 14 и 74 километра въ секунду. Последнее число относится къ бросанію по направленію обратному движенію земли, а первое—по направленію годового ея движенія. Такимъ образомъ, даже при двѣнадцатикратномъ количествѣ взрывчатыхъ веществъ этотъ актъ разъединенія съ солнечной системой уже совершается.

Ракета можетъ, — теоретически, — поднять массы желаемой величины.

Если, напримѣръ, надо поднять 200 кило, то для удаленія отъ солнца надо не менѣе, чѣмъ 2.400 кило взрывчатыхъ веществъ.

Замѣтимъ, что кислородъ можно дешево добывать изъ атмосферы ожигеніемъ воздуха и дальнѣйшимъ испареніемъ изъ него азота. Это такъ и дѣлается теперь. Водородъ можно добывать ожигеніемъ свѣтильнаго газа. Сначала ожигаются болѣе сложные продукты съ наибольшимъ молекулярнымъ вѣсомъ, а водородъ остается въ газообразномъ видѣ. Можно даже оставить болотный газъ, такъ какъ съ кислородомъ онъ даетъ также соединенія летучія (вода, углекислый газъ) и, слѣд., годныя для ракеты. Итакъ, водородъ и кислородъ при фабричномъ производствѣ могутъ и не быть особенно дороги. Ожигеніе водорода затруднительно (пока), но вмѣсто него можно взять съ равнымъ и даже лучшимъ успѣхомъ жидкіе или ожигенные углеводороды, какъ этиленъ, ацетиленъ и т. п.

Для сохраненія газовъ въ жидкомъ видѣ не нужно особенно крѣпкихъ сосудовъ: они должны быть только немного крѣпче тѣхъ земныхъ сосудовъ, въ которыхъ хранится вода.

Также взрывная труба сравнительно съ обыкновенной пушкой чрезвычайно легка, такъ какъ въ артиллерійской пушкѣ взрывъ почти моменталенъ и въ малую долю секунды взры-

вается сравнительно огромное количество вещества. Между тѣмъ какъ въ нашей взрывной трубѣ въ тотъ же малый промежутокъ времени взрывается лишь сравнительно ничтожная доля запаса, а весь онъ расходуется въ теченіе нѣсколькихъ минутъ (1—20 минутъ).

Если, напримѣръ, весь снарядъ со всѣмъ содержимымъ вѣситъ 1000 кило и временная тяжесть удесятерилась, то давленіе на основаніе трубы, т. е. въ наиболѣе узкой ея части, будетъ составлять менѣе 10 тоннъ. Допустимъ, что площадь основанія трубы или площадь нормальнаго сѣченія въ наиболѣе узкой части составитъ 100 кв. сант.,—тогда давленіе взрывающихся газовъ въ основаніи трубы будетъ менѣе 100 атмосферъ. Въ другихъ частяхъ трубы давленіе будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ онъ дальше отъ основанія и болѣе расширены. Легко вычислить теперь, что наибольшая толщина стѣнокъ трубы изъ стали не превышаетъ 5 миллим.

Относительно матеріала взрывной трубы ничего опредѣленнаго теперь сказать нельзя. Укажемъ только на опыты, которые показали, что желѣзо при температурѣ жидкихъ газовъ, которые окружаютъ нашу трубу, имѣетъ огромную крѣпость. Конечно, всѣ знаютъ, что желѣзо плавится какъ воскъ въ пламени гремучаго газа. Но вѣдь точка плавленія желѣза всего 1300°C. Есть вещества болѣе тугоплавкія; такъ, металлъ вольфрамъ имѣетъ температуру плавленія въ 3200°C. То же можемъ повторить и относительно взрывчатыхъ элементовъ: кислородъ и водородъ мы брали только для примѣра.

Я принялъ въ вычисленіяхъ удесятеренную временную тяжесть въ ракетѣ; но величина этой тяжести въ нашихъ рукахъ и мы даже можемъ сдѣлать ее лишь немного болѣе земной (1), въ особенности при наклонномъ или горизонтальномъ поднятіи. Такъ, при горизонтальномъ движеніи снаряда и утроенной относительной тяжести утилизація взрывчатыхъ веществъ, сравнительно съ моментальнымъ взрывомъ, составляетъ $\frac{8}{9}$ (около 89%). Впро-

чемъ, есть средство сохранять вещи и животныхъ и при огромной тяжести, о чемъ рѣчь будетъ дальше.

Вообразимъ абсолютно невозможное: положимъ, что на тысячи или миллионы верстъ устроена прекрасная отвѣсная или наклонная дорога (напр., зубчатая и т. п.), съ вагонами, машинами и всѣми приспособленіями для удобнаго путешествія за предѣлы атмосферы. Подымаясь по ней на извѣстную высоту, мы потратимъ нѣкоторое определенное количество работы. Совершая поднятіе съ помощью какихъ-либо двигателей, хотя бы и самыхъ совершенныхъ,—при современномъ состояніи техники,—мы используемъ не болѣе 10% той химической энергіи, которую захватимъ съ собой въ высоту въ видѣ топлива.

Для поднятія на ту же высоту, но безъ лѣстницъ и подъемныхъ машинъ, съ помощью нашего снаряда, какъ мы видѣли, утилизируется при разумномъ пользованіи не менѣе 50% химической энергіи соединенія водорода съ кислородомъ. Итакъ, съ помощью воображаемыхъ вертикальныхъ дорогъ расходуется, по крайней мѣрѣ, въ пять (5) разъ больше топлива, чѣмъ въ реактивномъ приборѣ. Выводъ этотъ справедливъ лишь для поднятія на высоту, не меньшую 700 верстъ, когда утилизируется значительная часть энергіи взрывчатыхъ веществъ.

Результатъ можетъ быть совсѣмъ плачевный при малой относительной тяжести и при маломъ поднятіи. Такъ, при временной тяжести, равной земной (1), и вертикальномъ положеніи взрывной трубы результатомъ является,—при огромномъ, сравнительно, расходѣ взрывчатыхъ веществъ,—двадцатиминутное стояніе на одной высотѣ. При нѣсколько большемъ ускореніи ракеты (временная въ ней тяжесть немного болѣе единицы, т. е. земной тяжести),—поднятіе на нѣсколько аршинъ въ теченіе около 20 минутъ!!!

Такія жалкія реактивныя явленія мы обыкновенно и наблюдаемъ на землѣ. Вотъ почему они никого не могли поощрить къ мечтамъ и изслѣдованіямъ. Только разумъ и

наука могли указать на преобразование этихъ явленій въ грандіозныя, почти непостижимыя чувства.

Вотъ главнѣйшія формулы, на основаніи которыхъ сдѣланы всѣ эти выводы.

$$16... V = -V_1 L_{\text{nat}} \left(1 + \frac{M_2}{M_1}\right)^*.$$

Тутъ L_{nat} означаетъ натуральный логарифмъ; V есть скорость снаряда или ракеты по окончаніи взрыва массы M_1 взрывчатыхъ веществъ. M_2 есть масса снаряда со всѣмъ содержимымъ, кромѣ взрывчатыхъ веществъ. Полная масса равна: $M_1 + M_2$; V_1 есть относительная скорость элемента охлажденныхъ (расширеніемъ) продуктовъ горѣнія, когда они вырываются наружу изъ жерла взрывной трубы. Относительно ракеты эта скорость не зависитъ отъ времени и мѣста. Формула относится къ средѣ безъ тяжести. Утилизациа абсолютной энергіи взрывчатыхъ веществъ ракетой въ средѣ безъ тяжести выражается:

$$\frac{M_1}{M_2} \cdot \left\{ L_{\text{nat}} \left(1 + \frac{M_2}{M_1}\right) \right\}^2.$$

Когда $\frac{M_2}{M_1}$ мало, то утилизациа равна $\frac{M_2}{M_1}$.

Тогда формула 16 выразится слѣд. обр.:

$$16... \frac{V}{-V_1} = \frac{M_2}{M_1}.$$

$$28... t = \frac{V}{p}.$$

t есть время взрыва въ такой средѣ; p — постоянное ускореніе снаряда отъ дѣйствія взрыва. Относительная или временная тяжесть, развившаяся въ снарядѣ, выразится черезъ отношеніе $\frac{p}{g}$, гдѣ g — ускореніе земной тяжести у поверхности.

$$31... t = \frac{V_2}{p-g},$$

*) Приведенныя здѣсь формулы даны въ конечномъ видѣ; нумерацію ихъ беремъ изъ рукописи, на которую ссылается авторъ выше.

гдѣ V_2 есть окончательная скорость (по прекращеніи взрыва) *вертикально* поднимающейся отъ земли ракеты.

$$34... V = V_2 \frac{p}{p-g}.$$

$$35... V_2 = -V_1 \left(1 - \frac{g}{p}\right) L_{nat} \left(1 + \frac{M_2}{M_1}\right).$$

$$44... p_1 = p - g,$$

гдѣ p_1 есть ускореніе снаряда въ средѣ тяжести при вертикальномъ движеніи.

Высота (h) поднятія въ этомъ случаѣ опредѣляется формулой:

$$45... h = \frac{1}{2} p_1 \cdot t^2 = \frac{p-g}{2} \cdot t^2.$$

g считается постояннымъ, такъ какъ до израсходования взрывчатого матеріала снарядъ поднимается на незначительную высоту, сравнительно съ радіусомъ земли.

$$46... h = \frac{V_2^2}{2(p-g)}.$$

$$47... h = \frac{V^2}{2p} \cdot \left(1 - \frac{g}{p}\right).$$

$$51... \frac{T_1}{T} = 1 - \frac{g}{p}.$$

Здѣсь T есть полезная работа взрывчатыхъ веществъ въ средѣ тяжести, а T_1 — въ средѣ безъ тяжести.

$$62... \frac{M_3}{M_1} = (1+q)^2 - 1; \quad q = \frac{M_2}{M_1}.$$

Эта формула показываетъ относительное количество взрывчатыхъ веществъ $\left(\frac{M_3}{M_1}\right)$, потребное не только для приобрѣтенія скорости въ средѣ безъ тяжести, но и для потери ея путемъ обратнаго взрыванія. Если q мало, то $\frac{M_3}{M_1} = 2q$.

$$66... \frac{M_4}{M_1} = \left(1 + \frac{pq}{p-g}\right)^2 - 1.$$

То же самое, но для поднятія въ средѣ тяжести и обратнаго безопаснаго спуска.

Опять, если q или $\frac{M_2}{M_1}$ мало, то

$$\frac{M_4}{M_1} = 2q \cdot \left(\frac{p}{p-g}\right).$$

Полезная работа при горизонтальномъ движеніи ракеты гораздо больше, чѣмъ при вертикальномъ. Отношеніе ея къ полезной работѣ въ средѣ безъ тяжести равно:

$$73... 1 - \left(\frac{g}{p}\right)^2.$$

Потеря составляетъ $\left(\frac{g}{p}\right)^2$, между тѣмъ какъ при вертикальномъ движеніи потеря равна $\left(\frac{g}{p}\right)$.

$$83... 1 + \left(\frac{g}{p}\right)^2 + 2 \cos \gamma \cdot \frac{g}{p} - \cos \alpha.$$

$$\cdot \frac{g}{p} \sqrt{1 + \frac{g^2}{p^2} + 2 \cos \gamma \cdot \frac{g}{p}}.$$

Это выраженіе опредѣляетъ утилизацію при наклонномъ поднятіи въ средѣ тяжести по отношенію къ энергіи, полученной ракетой въ средѣ безъ тяжести. Тутъ α есть уголъ между направлениемъ ракетнаго пути и идущей внизъ вертикалью; β — уголъ того же ракетнаго пути съ направлениемъ взрыванія или направлениемъ взрывной трубы; α больше прямого угла, β — меньше; $\gamma = \alpha + \beta$.

Легко показать, что выраженіе даетъ оба частные случаи, т. е. 51 и 73.

Предыдущее выраженіе можно упростить, если наклонъ пути ракеты съ горизонтомъ не превышаетъ 10° ; тогда получимъ:

$$91... 1 - \frac{g^2}{p^2} - 0,02 \cdot \frac{g}{p} N.$$

Тутъ N означаетъ въ градусахъ наклонъ траекторіи ракеты съ горизонтомъ.

К. Циолковскій.

(Продолженіе въ слѣдующемъ №).

