

1903

годъ X-й.

НАУЧНОЕ ОБОЗРѢНІЕ

ЕЖЕМѢСЯЧНЫЙ

НАУЧНО-ФИЛОСОФСКІЙ И ЛИТЕРАТУРНЫЙ ЖУРНАЛЪ.

№ 5.

М А Й.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Э. Л. Порохевщиковой, Бассейная, 3—5.

1903.

1903

годъ X-й.

НАУЧНОЕ ОБОЗРѢНІЕ

ЕЖЕМѢСЯЧНЫЙ

НАУЧНО-ФИЛОСОФСКИЙ И ЛИТЕРАТУРНЫЙ ЖУРНАЛЪ.

№ 5.

М А Й.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Э. Л. Пороховщиковой, Басейная, 3—5.

1903.

Дозволено цензурою СПБ. 31 мая 1903 года.

СОДЕРЖАНІЕ № 5.

ОТДѢЛЪ ПЕРВЫЙ.

СТР.

1. Завѣтныя мысли. Проф. Д. Менделѣва, I. Вступленіе . . .	1
2. Вопросы этики и вопросы хозяйства въ исторіи. Проф. Л. Бреннано (пер. П. Берлина)	23
3. Изслѣдованіе міровыхъ пространствъ реактивными приборами. К. Циолковскаго	44
4. Нѣмецкая литература въ XIX столѣтіи. Мейера (пер. А. Филипповой)	74
5. Сентъ-Симонъ и сентъ-симонизмъ. (Окончаніе). Х. Инсарова .	115
6. Невидимые лучи свѣта. Проф. Д. А. Гольдгаммера	128
7. Литературные образы мнѣнія: рассказы Куприна, Бунина, Серафимовича, Телешова и Юшкевича. Не страшное В. Короленки. „Чеховщина“ въ текущей русской литературѣ. О правдѣ и лжи, борьбѣ и раздумьѣ. Е. Аничкова	147
8. Загадка Шекспира въ трагедіи „Гамлетъ“. Тѣнь короля Гамлета. С. Москаленки	152
9. Философскія письма: I. Творчество личности. М. Филиппова.	200
10. Трудовая теорія цѣнности и ея критики. А. Финна	239
11. Научныя новости. (Подъ ред. проф. С. П. Глазенапа) . .	240
12. Обзоръ печати. В. Т—ца	246

ОТДѢЛЪ ВТОРОЙ.

13. Онъ и они. С. Бердяева	252
14. Барышня. (Драма). Стриндберга.	253
15. Стихотвореніе Н. З.	288
16. Хлѣбъ насущный. Клара Фиттингъ (пер. П. Гиберманъ). Въ приложеніи.	1—48

ОТДѢЛЪ ТРЕТІЙ.

17. Народный Университетъ. Лассаръ Конъ. Химія обыденной жизни.	
---	--

Исследование мировых пространств реактивными приборами.

Небольшие аэростаты съ автоматически наблюдающими приборами, безъ людей, до сихъ поръ поднимались только до высоты, не болѣе 20 верстъ.

Трудность поднятія въ высоту съ помощью воздушныхъ шаровъ возрастаетъ чрезвычайно быстро съ увеличеніемъ этой высоты.

Положимъ, мы хотимъ, чтобы аэростатъ поднялся на высоту 27 километровъ и поднялъ грузъ въ 1 килограммъ (2,4 фунта). Воздухъ на высотѣ 27 килом. имѣетъ плотность около $\frac{1}{50}$ плотности воздуха при обыкновенныхъ условіяхъ (760 мм. давленія и 0° Цельсія). Значитъ шаръ на такой высотѣ долженъ занять объемъ въ 50 разъ болѣе, чѣмъ внизу. У уровня же океана слѣдуетъ впустить въ него не менѣе 2 кубич. метровъ водорода, которые на высотѣ займутъ 100 куб. метровъ. При этомъ шаръ подниметъ грузъ въ 1 килограммъ, т. е. подниметъ автоматическій приборъ, а самъ шаръ будетъ вѣсить килограммъ или около того.

Поверхность его оболочки, при діаметрѣ въ 5,8 метра, составитъ не менѣе 103 кв. метровъ. Слѣдовательно каждый квадратный метръ матеріи, считая и пришитую къ ней сѣтку, долженъ вѣсить 10 граммовъ, или квадр. аршинъ будетъ вѣсить около 1-го золотника.

Кв. метръ этой писчей бумаги вѣситъ 100 граммовъ; вѣсъ же кв. метра папиросной бумаги составляетъ граммовъ 50. Такъ что даже папиросная бумага будетъ въ 5 разъ тяжелѣе той матеріи, которая должна быть употреблена на нашъ аэростатъ. Такая матерія, въ примѣненіи къ аэростату, невозможна, потому что оболочка, сдѣланная изъ нея, будетъ рваться и сильно пропускать газъ.

Шары большихъ размѣровъ могутъ имѣть болѣе толстую оболочку. Такъ шаръ съ небывало большимъ діаметромъ въ 58 метровъ

будетъ имѣть оболочку, каждый квадратный метръ которой вѣситъ около 100 граммовъ, т. е. чуть тяжелѣ обыкновенной писчей бумаги. Подыметъ онъ 1000 килогр. груза, или 61 пудъ, что черезчуръ много для самопишущаго прибора.

Если ограничиться, при тѣхъ же громадныхъ размѣрахъ аэростата, подъемною силою въ 1 килограммъ, то оболочку можно сдѣлать раза въ 2 тяжелѣ. Вообще, въ такомъ случаѣ, аэростатъ хотя и обойдется весьма дорого, но построеніе его нельзя считать дѣломъ невозможнымъ. Объемъ его на высотѣ 27 килом. составитъ 100.000 куб. метровъ, поверхность оболочки—10.300 кв. метровъ.

А между тѣмъ какіе жалкіе результаты! Поднятіе на какія то 25 верстъ...

Что же сказать о поднятіи приборовъ на большую высоту! Размѣры аэростатовъ должны быть еще значительно больше, но не надо при этомъ забывать, что съ увеличеніемъ размѣровъ воздушнаго шара разрывающія оболочку силы все болѣе и болѣе берутъ перевѣсъ надъ сопротивленіемъ матеріала.

Высота атмо- сферы въ ки- лометрахъ.	Температура по Цельсію.	Плотность воздуха.
0	0	1:
6	— 30	1:2
12	— 60	1:4,32
18	— 90	1;10,6
24	— 120	1:30,5
30	— 150	1:116
36	— 180	1:584
42	— 210	1:3900
48	— 240	1:28.000
54,5	— 272	0.

За предѣлы атмосферы поднятіе приборовъ, съ помощію воздушнаго шара, разумѣется совсѣмъ немыслимо; изъ наблюденій надъ падающими звѣздами видно, что предѣлы эти не простираются далѣе 200—300 километровъ.

Теоретически даже опредѣляютъ высоту атмосферы въ 54 километра, принимая въ основаніе расчета пониженіе температуры воздуха въ 5° Цельсія на каждый километръ поднятія, что довольно близко къ дѣйствительности, по крайней мѣрѣ для доступныхъ слоевъ атмосферы.

Выше приведена таблица высотъ, температуръ и плотностей воздуха, вычисленная мною на этомъ основаніи. Изъ нея очевидно, какъ быстро возрастаютъ трудности поднятія, съ увеличеніемъ его высоты.

Дѣлитель послѣдняго столба и выражаетъ эту трудность устроенія воздушнаго шара.

Перейдемъ къ другой идеѣ поднятія,—съ помощію пушечныхъ ядеръ.

На практикѣ, начальная быстрота ихъ движенія не превышаетъ 1200 метровъ въ секунду. Такое ядро, пущенное вертикально, поднимется на высоту въ 73 километра, если поднятіе совершается въ безвоздушномъ пространствѣ. Въ воздухѣ, разумѣется, поднятіе много меньше, въ зависимости отъ формы и массы ядра.

При хорошей формѣ поднятіе можетъ достигать значительной величины, но помѣщать наблюдающіе приборы внутри ядра невозможно потому что они будутъ разбиты въ дребезги—или при возвращеніи ядра на землю, или при самомъ движеніи его въ пушечномъ стволѣ.

Опасность при движеніи ядра въ каналѣ меньше, но и эта опасность, для цѣлости аппаратовъ, громадна. Положимъ, для простоты что давленіе газовъ на ядро равномернѣе, вслѣдствіе чего ускореніе его движенія въ секунду составляетъ (W) метровъ. Тогда тоже ускореніе получаютъ и всѣ предметы въ ядрѣ, принужденные совершать съ нимъ одно движеніе. Отъ этого внутри ядра должна развиться относительная, кажущаяся тяжесть, равная $\frac{W}{g}$, гдѣ (g) есть ускореніе земной тяжести у поверхности земли.

Длина пушки (L) выразится формулой

$$L = \frac{V^2}{2 \cdot (W - g)}, \text{ гдѣ}$$

(V) есть скорость, приобретаемая ядромъ по выходѣ изъ жерла.

Изъ формулы видно, что (W), а слѣдовательно и приращеніе относительной тяжести въ ядрѣ уменьшается съ увеличеніемъ длины пушки, при постоянномъ (V); т. е. чѣмъ длиннѣе пушка, тѣмъ приборы безопаснѣе во время выталкиванія ядра. Но и при очень длинной, неосуществимой на дѣлѣ пушкѣ, кажущаяся въ ядрѣ тяжесть, при ускоряющемся его движеніи въ пушечномъ каналѣ, настолько велика, что нѣжно устроенные аппараты едва ли могутъ перенести ее безъ порчи. Тѣмъ болѣе невозможно послать въ ядрѣ что нибудь живое, если бы въ этомъ случилась надобность.

Итакъ допустимъ, что построена пушка ну хоть въ 300 метровъ высоты. Пусть она расположена вдоль башни Эйфеля, которая, какъ извѣстно, имѣетъ такую же высоту, и пусть ядро равномернымъ давленіемъ газовъ получаетъ, при выходѣ изъ жерла, скорость, достаточную для поднятія за предѣлы атмосферы, напр. для поднятія на 300 килом. отъ земной поверхности. Тогда потребную для этого скорость (V) вычислимъ по формулѣ $V = \sqrt{2gh}$, гдѣ (h) высота

поднятія;—(получимъ около 2450 м. въ 1 секунду). Изъ двухъ послѣднихъ формулъ, исключая (V), найдемъ;

$$\frac{W}{g} = \frac{h}{L} + 1, \text{ тутъ}$$

$\left(\frac{W}{g}\right)$ выражаетъ относительную, или кажущуюся тяжесть въ ядрѣ. По формулѣ найдемъ, что оно равно 1001.

Слѣдовательно тяжесть всѣхъ приборовъ въ ядрѣ должна увеличиться въ 1000 разъ слишкомъ, т. е. предметъ вѣсомъ въ одинъ фунтъ испытываетъ отъ кажущейся тяжести давленіе въ 1000 фунтовъ или 25 пудовъ. Едва ли какой физическій приборъ выдержитъ подобное давленіе.

Чтобы не ввести кого нибудь въ заблужденіе словомъ „относительная или кажущаяся тяжесть“, скажу, что я тутъ подразумѣваю силу, зависящую отъ ускоряющагося движенія тѣла (напр. ядра); она появляется также и при равномерномъ движеніи тѣла, если только это движеніе криволинейно, и называется тогда центробѣжной силой. Вообще она появляется всегда на тѣлѣ или въ тѣлѣ, если только на одно это тѣло дѣйствуетъ какая либо механическая сила, нарушающая движеніе тѣла по инерціи.

Относительная тяжесть существуетъ до тѣхъ поръ, пока существуетъ рождающая ее сила: прекращается послѣдняя—исчезаетъ безслѣдно и относительная тяжесть. Если я называю эту силу тяжестью, то только потому, что ея временное дѣйствіе совершенно тождественно съ дѣйствіемъ силы тяготѣнія. Какъ тяготѣнію подвержена каждая матеріальная точка тѣла, такъ и относительная тяжесть рождается въ каждой частицѣ тѣла, заключеннаго въ ядрѣ; происходитъ это потому, что кажущаяся тяжесть зависитъ отъ инерціи, которой одинаково подвержены всѣ матеріальныя части тѣла.

Итакъ, приборы внутри ядра сдѣлаются тяжелѣе въ 1001 разъ. Если бы даже при этомъ страшномъ, хотя и кратковременномъ (0,24 секунды) усиленіи относительной тяжести и удалось ихъ сохранить въ цѣлости, то все же найдется много другихъ препятствій для употребленія пушекъ въ качествѣ посылателей въ небесное пространство.

Прежде всего трудность ихъ построенія даже въ будущемъ; далѣе—громадная начальная скорость ядра; дѣйствительно, въ нижнихъ густыхъ слояхъ атмосферы, скорость ядра много потеряетъ вслѣдствіе сопротивленія воздуха; потеря же скорости сильно сократитъ и величину поднятія ядра; затѣмъ трудно достигнуть равномернаго давленія газовъ на ядро во время его движенія въ стволѣ, отъ чего усиленіе тяжести будетъ много болѣе, чѣмъ мы вычислили (1001); наконецъ, безопасное возвращеніе ядра на землю болѣе, чѣмъ сомнительно.

Реактивный приборъ—„ракета“.

Впрочемъ, одного громаднаго усиленія тяжести совершенно достаточно, чтобы оставить мысль о примѣненіи пушекъ къ нашему дѣлу.

Вмѣсто ихъ, или аэростата, въ качествѣ изслѣдователя атмосферы, предлагаю реактивный приборъ, т. е. родъ ракеты, но ракеты грандіозной и особеннымъ образомъ устроенной. Мысль не новая, но вычисленія, относящіяся къ ней, даютъ столь замѣчательные результаты что умолчать о нихъ было бы большимъ грѣхомъ.

Эта моя работа далеко не разсматриваетъ всѣхъ сторонъ дѣла и совсѣмъ не рѣшаетъ его съ практической стороны—относительно осуществимости; но въ далекомъ будущемъ уже виднѣются сквозь туманъ перспективы до такой степени обольстительныя и важныя, что о нихъ едва ли теперь кто мечтаетъ.

Представимъ себѣ такой снарядъ: металлическая продолговатая камера (формы наименьшаго сопротивленія), снабженная свѣтомъ, кислородомъ, поглотителями углекислоты, мѣзмовъ и другихъ животныхъ выдѣленій,—предназначена не только для храненія разныхъ физическихъ приборовъ, но и для управляющаго камерой разумаго существа (будемъ разбирать вопросъ по возможности шире). Камера имѣетъ большой запасъ веществъ, которые при своемъ смѣшеніи тотчасъ же образуютъ взрывчатую массу. Вещества эти правильно и довольно равномерно взрываясь въ опредѣленномъ для того мѣстѣ, текутъ въ видѣ горячихъ газовъ по расширяющимся къ концу трубамъ, вродѣ рупора или духового музыкальнаго инструмента. Трубы эти расположены вдоль стѣнокъ камеры, по направленію ея длины. Въ одномъ узкомъ концѣ трубы совершается смѣшеніе взрывчатыхъ веществъ: тутъ получаютъ сгущенные и пламенные газы. Въ другомъ, расширенной ея концѣ они, сильно разрѣдившись и охладившись отъ этого, вырываются наружу, черезъ раструбы, съ громадною относительною скоростью.

Понятно, что такой снарядъ, какъ и ракета, при извѣстныхъ условіяхъ, будетъ подниматься въ высоту.

Необходимы автоматическіе приборы, управляющіе движеніемъ ракеты (такъ будемъ мы иногда называть нашъ приборъ) и силою взрыванія по заранѣе намѣченному плану.

Схематическій видъ ракеты. Оба жидкихъ газа раздѣлены перегородкой. (А) есть мѣсто смѣшенія газовъ и взрыванія ихъ. (В)—вылетъ сильно разрѣженныхъ и охлажденных паровъ. Труба АВ окружена кожомъ съ быстро циркулирующей въ немъ металлической жидкостью.

Если равнодѣйствующая сила взрыва не проходитъ точно черезъ центръ инерціи снаряда, то снарядъ будетъ вращаться и слѣдовательно никуда не будетъ годится. Добиться же математической точности въ этомъ совпаденіи совершенно невозможно, потому что какъ центръ инерціи не можетъ не колебаться вслѣдствіе движенія заключенныхъ въ снарядѣ веществъ, такъ и направленіе въ пушкѣ равнодѣйствующей силъ давленія газовъ не можетъ имѣть математически-неизмѣнное направленіе. Въ воздухѣ еще можно направлять снарядъ рулемъ, подобнымъ птичьему, но что вы сдѣлаете въ безвоздушномъ пространствѣ, гдѣ эфиръ едва-ли представить какую-либо замѣтную опору?

Дѣло въ томъ, что если равнодѣйствующая по возможности близка къ центру инерціи снаряда, то вращеніе его будетъ довольно медленно. Но едва только оно начинается, мы перемѣщаемъ какую-нибудь массу внутри снаряда до тѣхъ поръ, пока происходящее отъ этого перемѣщеніе центра инерціи не заставитъ снарядъ уклоняться въ противоположную сторону. Такимъ образомъ, слѣдя за снарядомъ и перемѣщая внутри его небольшую массу, достигнемъ колебанія снаряда то въ ту, то въ другую сторону, общее же направленіе дѣйствія взрывчатыхъ веществъ и движенія снаряда измѣняться не будетъ.

Можетъ быть ручное управленіе движеніемъ снаряда окажется не только затруднительнымъ, но и прямо практически невозможнымъ. Въ такомъ случаѣ слѣдуетъ прибѣгнуть къ автоматическому управленію.

Основанія для такового, послѣ сказаннаго, понятны.

Притяженіе земли не можетъ быть тутъ основной силой для регулированія, потому что въ ядрѣ будетъ только относительная тяжесть съ ускореніемъ (W), направленіе которой совпадаетъ съ относительнымъ направленіемъ вылетающихъ взрывчатыхъ веществъ или прямо противоположно направленію равнодѣйствующей ихъ давленія. А такъ какъ это направленіе мѣняется съ поворачиваніемъ ядра и пушки, то тяжесть эта, какъ направитель регулятора, не годится.

Возможно употребить для этой цѣли магнитную стрѣлку, или силу солнечныхъ лучей, сосредоточенныхъ съ помощію дволко-выпуклаго стекла. Каждый разъ, когда ядро съ пушкой поворачивается, маленькое и яркое изображеніе солнца мѣняетъ свое относительное положеніе въ ядрѣ, что можетъ возбуждать расширеніе газа, давленіе, электрическій токъ и движеніе массы, восстанавливающей опредѣленное направленіе пушки, при которомъ свѣтлое пятно падаетъ въ нейтральное, такъ сказать, нечувствительное мѣсто механизма.

Автоматически подвигаемыхъ массъ должно быть двѣ.

Основною для регулятора направленія ядра также можетъ служить небольшая камера съ двумя быстро вращающимися въ разныхъ плоскостяхъ кругами. Камера привѣшена такъ, что положеніе или,

точнѣе, направленіе ея не зависитъ отъ направленія пушки. Когда пушка поворачивается, камера, въ силу инерціи, пренебрегая треніемъ, сохраняетъ прежнее абсолютное направленіе (относительно звѣздъ); это свойство проявляется въ высшей степени при быстромъ вращеніи камерныхъ дисковъ.

Прицѣпленные къ камерѣ тонкія пружинки, при поворачиваніи пушки, мѣняють въ ней свое относительное положеніе, что можетъ служить причиною возникновенія тока и передвиженія регулирующихъ массъ.

Наконецъ, поворачиваніе конца раструба также можетъ служить средствомъ сохраненія опредѣленнаго направленія снаряда.

Преимущества ракеты.

Прежде чѣмъ излагать теорію ракеты или подобнаго ей реактивнаго прибора, попытаюсь заинтересовать читателя преимуществами ракеты передъ пушкой съ ея ядромъ.

а) Аппаратъ нашъ, сравнительно съ гигантской пушкой, легокъ, какъ перышко; б) онъ относительно дешевъ и сравнительно легко осуществимъ; в) давленіе взрывчатыхъ веществъ, будучи довольно равномернымъ, вызываетъ равномерно-ускоряющееся движеніе ракеты, которое развиваетъ относительную тяжесть; величиною этой временной тяжести мы можемъ управлять по желанію, т. е., регулируя силу взрыва, мы въ состояніи сдѣлать ее произвольно мало или много превышающей обыкновенную земную тяжесть. Если предположимъ, для простоты, что сила взрыва, понемногу уменьшаясь, пропорціональна массѣ снаряда, сложенной съ массою оставшихся невзорванными взрывчатыхъ веществъ,—то ускореніе снаряда, а слѣдовательно и величина относительной тяжести будутъ постоянны. Итакъ, въ ракетѣ могутъ безопасно, въ отношеніи кажущейся тяжести, отправиться не только измѣрительные приборы, но и люди; тогда какъ въ пушечномъ ядрѣ, даже при огромной, небывалой пушкѣ, величиною съ башню Эйфеля, относительная тяжесть увеличивается въ 1001 разъ. д) Еще не малое преимущество ракеты: скорость ея возрастаетъ въ желаемой прогрессіи и въ желаемомъ направленіи; она можетъ быть постоянной и можетъ равномерно уменьшаться, что дастъ возможность безопаснаго спуска на планету. Все дѣло въ хорошемъ регуляторѣ взрыва. е) При началѣ поднятія, пока атмосфера густа и сопротивленіе воздуха при большой скорости огромно, ракета двигается сравнительно не быстро и потому мало теряетъ отъ сопротивленія среды и мало нагревается.

Скорость ракеты, естественнымъ образомъ, лишь медленно возрастаетъ; но затѣмъ, по мѣрѣ поднятія въ высоту и разрѣженія атмосферы, она можетъ искусственно возрастать быстрѣе; наконецъ, въ безвоздушномъ пространствѣ, эта быстрота возрастанія можетъ быть еще усилена. Такимъ путемъ мы потратимъ „minimum“ работы на преодоленіе сопротивленія воздуха.

Ракета въ средѣ, свободной отъ тяжести и атмосферы.

Сначала рассмотримъ дѣйствіе взрыва въ средѣ, свободной отъ тяжести и окружающей матеріи, т. е. атмосферы. Относительно послѣдней мы беремся только разобрать ея сопротивленіе движенію снаряда, но не движенію вырывающихся стремительно паровъ. Вліяніе атмосферы на взрывъ не совсѣмъ ясно: съ одной стороны оно благоприятно, потому что вырывающіяся вещества имѣютъ въ окружающей матеріальной средѣ нѣкоторую опору, которую они, при своемъ движеніи, увлекаютъ и такимъ образомъ способствуютъ увеличенію скорости ракеты; но съ другой стороны, та же атмосфера, своей плотностью и упругостью мѣшаетъ расширенію газовъ далѣе извѣстнаго предѣла, отъ чего взрывчатые вещества не приобрѣтаютъ той скорости, которую они могли бы приобрѣсти, взрываясь въ пустотѣ. Это послѣднее вліяніе неблагоприятно, потому что приращеніе скорости ракеты пропорціонально скорости отбрасываемыхъ продуктовъ взрыва.

Массу снаряда со всѣмъ содержимымъ, кромѣ запаса взрывчатыхъ веществъ обозначимъ черезъ M_1 ; полную массу послѣднихъ черезъ M_2 ; наконецъ, переменную массу взрывчатыхъ веществъ, оставшихся невзорванными въ снарядѣ въ данный моментъ—черезъ M .

Такимъ образомъ, полная масса ракеты, при началѣ взрыва будетъ равна $(M_1 + M_2)$; спустя же нѣкоторое время, она выразится переменною величиною $(M_1 + M)$; наконецъ, по окончаніи взрыва, — постоянной M_1 .

Чтобы ракета получила наибольшую скорость, необходимо чтобы отбрасываніе продуктовъ взрыва совершалось въ одномъ направленіи относительно звѣздъ. А для этого нужно, чтобы ракета не вращалась; а чтобы она не вращалась, надо чтобы равнодѣйствующая взрывающихся силъ, проходящая черезъ центръ ихъ давленія, проходила въ то же время и черезъ центръ инерціи всей совокупности летящихъ массъ.

Вопросъ, какъ этого достигнуть на практикѣ, мы уже слегка разобрали.

Итакъ, предполагая такое наивыгоднѣйшее отбрасываніе газовъ въ одномъ направленіи, получимъ слѣдующее дифференціальное уравненіе, на основаніи закона о постоянствѣ количества движенія:

$$1... dV (M_1 + M) = V_1. dM.$$

Здѣсь dM есть бесконечно-малый отбросокъ взрывчатого вещества, вырывающагося изъ пушечнаго раструба съ постоянною относительно ракеты скоростью (V_1)

Я хочу сказать, что относительная скорость (V_1) вырывающихся элементовъ, при одинаковыхъ условіяхъ взрыва, одна и та же во все время взрыванія,—на основаніи закона относительныхъ движеній; (dv) есть приращеніе скорости (V) движенія ракеты вмѣстѣ съ оставшимися нетронутыми взрывчатыми матеріалами; приращеніе это (dV) совершается, благодаря отбрасыванію элемента (dM) со скоростію (V_1). Опредѣленіемъ послѣдней мы займемся въ своемъ мѣстѣ.

Раздѣляя переменныя величины въ уравненіи 1 и интегрируя, получимъ:

$$\begin{aligned} 2... \frac{1}{V_1} \int dv &= \int \frac{dM}{M_1 + M} + C, \text{ или} \\ 3... \frac{V}{V_1} &= \text{Ln}at (M_1 + M) + C. \end{aligned}$$

Тутъ C есть постоянное. Когда $M=M_2$, т. е. до взрыванія, $V=0$; на этомъ основаніи найдемъ:

$$4.. C = - \text{Ln}at (M_1 + M_2); *)$$

стало быть

$$5... \frac{V}{V_1} = \text{Ln}at \left(\frac{M_1 + M_2}{M_1 + M} \right).$$

Знаки обѣихъ частей уравненія обратныя, потому что скорости V и V_1 противоположны по направленію.

Наибольшая скорость снаряда получится, когда $M=0$, т. е. когда весь запасъ (M_2) взорванъ; тогда получимъ, полагая въ предыдущемъ уравненіи $M=0$:

$$6... \frac{V}{V_1} = \text{Ln}at \left(1 + \frac{M_2}{M_1} \right)$$

Отсюда мы видимъ, что скорость (V) снаряда возрастаетъ неограниченно съ возрастаніемъ количества (M_2) взрывчатыхъ веществъ. Значитъ, запасаясь разными количествами ихъ, при разныхъ путешествіяхъ, мы получимъ самыя разнообразныя окончательныя скорости. Изъ уравненія 6 также видно, что скорость ракеты, по израсходованіи опредѣленнаго запаса взрывчатого вещества, не зависить отъ быстроты или неравномѣрности взрыванія, лишь бы частицы отбрасываемаго матеріала двигались съ одной и тою же скоростію (V_1) относительно ядра.

Однако, съ увеличеніемъ запаса (M_2), скорость (V) ракеты возрастаетъ все медленнѣе и медленнѣе, хотя и безгранично. Приблизительно, она возрастаетъ, какъ логарифмъ отъ увеличенія количества

)* ($\text{Ln}at$) есть натуральный лагарифмъ.

взрывчатыхъ запасовъ (M_2), (если M_2 велико въ сравненіи съ M_1 т. е. масса взрывчатыхъ веществъ въ нѣсколько разъ больше массы снаряда).

Дальнѣйшія вычисленія будутъ интересны, когда мы опредѣлимъ (V_1), т. е. относительную и окончательную скорость взорваннаго элемента.

Такъ какъ газъ или паръ, при оставленіи пушечнаго раструба, весьма разрѣжается и охлаждается (при достаточной длинѣ трубы)—даже обращается въ твердое состояніе, въ пыль, которая мчится съ страшною быстротою,—то можно принять, что вся энергія горѣнія, или химическаго соединенія, при взрываніи, обращается въ движеніе продуктовъ горѣнія, или въ кинетическую энергію. Въ самомъ дѣлѣ, представимъ себѣ опредѣленное количество газа, расширяющагося въ пустотѣ, безъ всякихъ приборовъ: онъ будетъ во всѣ стороны расширяться и вслѣдствіе этого охлаждаться до тѣхъ поръ, пока не превратится въ капли жидкости, или въ туманъ.

Туманъ этотъ обращается въ кристаллики, но уже не отъ расширенія, а отъ испаренія и лучеиспусканія въ міровое пространство.

Расширяясь, газъ выдѣлитъ всю свою явную и отчасти скрытую энергію, которая превратится въ концѣ концовъ въ быстрое движеніе кристалликовъ, направленное во всѣ стороны, такъ какъ газъ расширялся свободно во всѣ стороны.

Если же его заставить расширяться въ резервуарѣ съ трубой, то труба направитъ движеніе газовыхъ молекулъ по опредѣленному направленію, чѣмъ мы и пользуемся для нашихъ цѣлей, т. е. для движенія ракетъ.

Какъ будто энергія движенія молекулъ превращается въ кинетическое движеніе до тѣхъ поръ, пока вещество сохраняетъ газообразное или парообразное состояніе. Но это не совсѣмъ такъ. Дѣйствительно, часть вещества можетъ обратиться въ жидкое состояніе; но при этомъ выдѣляется энергія (скрытая теплота парообразованія), которая передается оставшейся парообразной части матеріи и замедлитъ на нѣкоторое время переходъ ея въ жидкое состояніе. Подобное явленіе мы видимъ въ паровомъ цилиндрѣ, когда паръ работаетъ собственнымъ расширеніемъ, выходъ же изъ парового котла въ цилиндръ запертъ. Тогда, при какой бы температурѣ не былъ паръ, часть его обращается въ туманъ, т. е. жидкое состояніе, другая же часть продолжаетъ сохранять парообразное состояніе и работать, заимствуя скрытую теплоту сгустившихся въ жидкость паровъ.

Итакъ, энергія молекулярная будетъ превращаться въ кинетическую, по крайней мѣрѣ, до состоянія жидкаго. Когда вся масса обратится въ капли, превращеніе въ кинетическую энергію почти приостановится, потому что пары жидкихъ и твердыхъ тѣлъ, при низкой температурѣ, имѣютъ черезчуръ незначительную упругость и исполъ-

зованіе ихъ на практикѣ затруднительно, такъ какъ потребуетъ огромныхъ трубъ.

Однако нѣкоторая незначительная часть указанной нами энергіи пропадетъ для насъ, т. е. не превратится въ кинетическую энергію, благодаря тренію о трубу и лучеиспусканію теплоты нагрѣтыми ея частями. Впрочемъ, труба изъ красной мѣди можетъ быть окружена кожухомъ, въ которомъ циркулируетъ какой нибудь жидкій металлъ; онъ передастъ жаръ весьма нагрѣтой части одного конца трубы другой ея части, охлажденной вслѣдствіе сильнаго разрѣженія паровъ. Такимъ образомъ и эта потеря, отъ лучеиспусканія и теплопроводности, можетъ быть утилизирована или сдѣлана очень незначительной. Въ виду кратковременности взрыванія, продолжающагося въ крайнихъ случаяхъ отъ 2 до 5 минутъ, потеря отъ лучеиспусканія и безъ всякихъ приспособленій незначительна; циркуляція же металлической жидкости въ кожухѣ, окружающемъ трубу, необходима для другой цѣли: для поддержанія трубъ при одной и той же невысокой температурѣ, т. е. для сохраненія крѣпости трубы. Несмотря на это, возможно, что часть ея будетъ расплавлена, окислена и унесена вмѣстѣ съ газами и парами. Можетъ быть, для избѣжанія этого, внутреннюю часть трубы будутъ выкладывать какимъ-нибудь особеннымъ огнеупорнымъ матеріаломъ, углеродомъ, известью (CaO .) или чѣмъ-нибудь инымъ. Хотя часть углерода при этомъ и сгоритъ, но крѣпость металлической пушки, мало нагрѣтой, пострадать отъ этого не можетъ.

Газообразный же продуктъ горѣнія углерода—углекислота только усилитъ поднятіе ракеты. Можетъ быть употребленъ будетъ родъ тигельнаго матеріала — какаго нибудь смѣсь веществъ. Во всякомъ случаѣ, не рѣшу этотъ вопросъ, какъ и множество другихъ, относящихся къ нашимъ реактивнымъ приборамъ.

Во многихъ случаяхъ я принужденъ лишь гадать или предполагать. Я нисколько не обманываюсь и отлично знаю, что не только не рѣшаю вопроса во всей полнотѣ, но что остается поработать надъ нимъ въ 100 разъ больше, чѣмъ я поработалъ. Моя цѣль возбудить къ нему интересъ, указавъ на великое значеніе его въ будущемъ и на возможность его рѣшенія...

Для уменьшенія протяженія, занимаемаго трубами, при той же длинѣ ихъ, можно завивать ихъ кольцами или змѣевиномъ, окруженнымъ, для сохраненія умѣренной и равномерной температуры, хорошо проводящей тепло и быстро циркулирующей жидкостью.

Въ настоящее время обращеніе водорода и кислорода въ жидкость не представляетъ особенныхъ затрудненій. Жидкости эти должны быть раздѣлены перегородкой. Температура ихъ весьма низкая; поэтому ими полезно окружать или кожухи съ циркулирующимъ металломъ, или непосредственно самыя пушки.

Опыты, покажетъ какъ сдѣлать лучше. Но въ послѣднемъ случаѣ для трубъ мѣдь уже не годится, потому что она при очень низкой температурѣ дѣлается хрупкой и, вѣроятно, теряетъ свою вязкость. Нѣкоторые же металлы, напротивъ, дѣлаются крѣпче отъ охлажденія; вотъ такіе то металлы и нужно тогда употребить, напр., желѣзо. Не помню хорошо, но какіе то опыты, надъ сопротивленіемъ, кажется, желѣза, въ жидкомъ воздухѣ, указали, что вязкость его при этой низкой температурѣ увеличивается чуть ли не въ десятки разъ. За достовѣрность не ручаюсь, но опыты эти, въ примѣненія къ нашему дѣлу, заслуживаютъ глубочайшаго вниманія. (Почему бы не охлаждать такимъ образомъ и обыкновенныя пушки, прежде чѣмъ изъ нихъ стрѣлять; вѣдь жидкій воздухъ теперь такая обыкновенная вещь).

Жидкій кислородъ и такой же водородъ, выкачиваемые изъ своихъ резервуаровъ, въ извѣстномъ отношеніи, въ узкое начало трубы и соединяясь тутъ понемногу, могутъ дать прекрасный взрывчатый матеріалъ. Получаемый при химическомъ соединеніи этихъ жидкостей водяной паръ, при страшно высокой температурѣ, будетъ расширяться, подвигаясь къ концу, или устью трубы до тѣхъ поръ, пока не охладится до того, что обратится въ жидкость, несущуюся въ видѣ тончайшаго тумана по направленію длины трубы, къ ея выходу (раструбу).

Водородъ и кислородъ въ жидкомъ видѣ, прежде чѣмъ попасть въ пушку, пройдутъ по особому кожуху, вдоль ея поверхности, охлаждающій ее, сами нагрѣются и тогда уже попадаютъ въ пушку и взрываются; такимъ образомъ, энергія тепла, уходящаго путемъ теплопроводности и лучеспусканія изъ пушки опять въ нее возвращается, чтобы обратиться въ энергію поступательнаго движенія пара или тумана.

Водородъ и кислородъ, въ газообразномъ состояніи, соединяясь для образованія одного килограмма воды, развиваютъ 3825 калорій. Подъ словомъ „калорія“ мы тутъ подразумѣваемъ количество теплоты, потребное для нагрѣванія на 1° Цельсія одного килограмма воды.

Количество это (3825) у насъ будетъ немного меньше, разъ кислородъ и водородъ находятся въ жидкомъ состояніи, а не въ газообразномъ, къ каковому относится данное нами число калорій. Въ самомъ дѣлѣ, жидкости, во-первыхъ, надо нагрѣть, во-вторыхъ, обратить въ газообразное состояніе, на что расходуется нѣкоторая энергія. Въ виду незначительной величины этой энергіи, сравнительно съ энергіей химической, мы оставимъ наше число безъ умаленія.

Принимая механическій эквивалентъ теплоты въ 424 килограмметра, найдемъ, что 3825 калорій соотвѣтствуютъ работѣ въ 1.621.800 килограмметровъ; этого достаточно для поднятія продуктовъ взрыва,

т. е. одного килограмма вещества, на высоту 1.622 километра отъ поверхности земного шара, предполагая силу тяжести постоянной. Эта работа, превращенная въ движеніе, соответствуетъ работѣ одного килограмма массы, движущейся со скоростью 5.700 метровъ въ 1 секунду. Я не знаю ни одной группы тѣлъ, которыя, при своемъ химическомъ соединеніи, выдѣляли бы, на единицу массы полученнаго продукта, такое огромное количество энергіи. Кромѣ того, нѣкоторыя другія вещества, соединяясь, не образуютъ летучихъ продуктовъ, что для насъ совсѣмъ не годится.

Такъ кремній, сгорая въ кислородѣ ($\text{Si} + \text{O}_2 = \text{Si O}_2$), выдѣляетъ огромное количество тепла, именно 3654 калоріи на единицу массы полученнаго продукта (Si O_2), но къ сожалѣнію образуются трудно-летучія тѣла.

Принявъ жидкій кислородъ и водородъ за матеріалъ, наиболѣе пригодный для взрыванія, я далъ число для выраженія ихъ взаимной химической энергіи, приходящейся на единицу массы полученнаго продукта ($\text{H}_2 \text{ O}$), нѣсколько большее истиннаго, такъ какъ вещества, соединяющіяся въ ракетѣ, должны находиться въ жидкомъ, а не въ газообразномъ состояніи, и кромѣ того при очень низкой температурѣ.

Считаю не лишнимъ тутъ утѣшить читателя, что не только на эту энергію (3825 кал.), но и на несравненно большую мы можемъ надѣяться въ будущемъ, когда можетъ быть найдутъ возможнымъ осуществитъ наши недовольно разработанныя еще мысли. Въ самомъ дѣлѣ, разсматривая количество энергіи, получаемыя отъ химическихъ процессовъ разнообразныхъ веществъ, замѣчаемъ въ общемъ, не безъ исключеній конечно, что количество энергіи, приходящейся на единицу массы продуктовъ соединенія, зависитъ отъ атомныхъ вѣсовъ (въ большинствѣ случаевъ) соединяющихся простыхъ тѣлъ: чѣмъ меньше атомные вѣса тѣлъ, тѣмъ болѣе выдѣляется при соединеніи ихъ тепла. Такъ, при образованіи сернистаго газа (SO_2), образуется только 1250 калорій, а при образованіи окиси мѣди (CuO) — только 546 калорій; между тѣмъ какъ уголь, при образованіи углекислоты (CO_2), выдѣляетъ на единицу ея массы 2204 калоріи. Водородъ съ кислородомъ, какъ мы видѣли, выдѣляютъ еще болѣе (3825). Для оцѣнки этихъ данныхъ, къ примѣненію въ высказанной мною идеѣ, напомнимъ тутъ величину атомныхъ вѣсовъ приводимыхъ элементовъ: водородъ = 1; кислородъ = 16; углеродъ = 12; сера = 32; кремній = 28; мѣдь = 63.

Конечно, можно привести и много исключеній изъ этого правила, но въ общемъ оно справедливо. Дѣйствительно, если мы вообразимъ рядъ точекъ, абсциссы которыхъ выражаютъ сумму (или произведеніе) атомныхъ вѣсовъ соединяющихся простыхъ тѣлъ, а ординаты соответствующую энергію химическаго соединенія, то, проведя черезъ точки (по возможности ближе къ нимъ) плавную кривую, увидимъ непре-

рывное уменьшеніе ординатъ по мѣрѣ увеличенія абсциссъ, чѣмъ и доказывается нашъ взглядъ.

Поэтому, если когда нибудь такъ называемыя простыя тѣла окажутся сложными и ихъ разложить на новыя элементы, то апомные вѣса послѣднихъ должны быть меньше извѣстныхъ намъ простыхъ тѣлъ. Но-вооткрытые элементы, по предыдущему, при своемъ соединеніи, должны выдѣлять при своемъ соединеніи несравненно большее количество энергіи, чѣмъ тѣла, считаемыя теперь условно простыми и имѣющія сравнительно большой атомный вѣсъ.

Обыюнахъ, или подъатомахъ давно уже высказывались и даже думаютъ, что условные элементы разлагаются на эти іоны подъ вліяніемъ солнечнаго свѣта.

Самое существованіе эфира съ его почти безпредѣльною упру-гостью и громадною скоростью его атомовъ, указываетъ на безпре-дѣльно малый атомный вѣсъ этихъ атомовъ и безпредѣльную энергію въ случаѣ ихъ химическаго соединенія.

Какъ бы то ни было, но пока для V_1 (см. 15 и 16) мы не можемъ принять болѣе 5700 метровъ въ 1 секунду. Но со временемъ, кто знаетъ, можетъ быть это число увеличится въ нѣсколько разъ.

Принимая 5700 метровъ, можемъ по формулѣ 16 вычислить не только отношеніе скоростей $\left(\frac{V}{V_1}\right)$, но и абсолютную величину окон-чательной (наибольшей) скорости (V) снаряда въ зависимости отъ от-ношенія $\frac{M_2}{M_1}$.

Изъ формулы 6 видно, что масса ракеты со вѣми пассажи-рами и вѣми аппаратами (M_1) можетъ быть произвольно велика и скорость (V) снаряда отъ этого нисколько не потеряетъ, лишь бы за-пасъ взрывчатыхъ веществъ (M_2) возрасталъ пропорціонально возра-станію массы (M_1) ракеты. Итакъ, всевозможной величины снаряды, съ любымъ числомъ путешественниковъ, могутъ приобрѣтать скорости желаемой величины. Впрочемъ возрастаніе скорости ракеты сопровож-дается, какъ мы видѣли, несравненно быстрѣйшимъ возрастаніемъ массы (M_2) взрывчатыхъ веществъ. Поэтому насколько легко и воз-можно увеличеніе массы поднимающагося въ небесное пространство снаряда, настолько затруднительно увеличеніе его скорости.

Изъ уравненія 6 получимъ слѣдующую таблицу:

$\frac{M_2}{M_1}$	$\frac{V}{V_1}$	Секундная скорость (v) въ метрахъ.	$\frac{M^2}{M_1}$	$\frac{V}{V_1}$	Секундная скорость (v) въ метрахъ.
0,1	0,095	543	7	2,079	11.800
0,2	0,182	1.037	8	2,197	12.500
0,3	0,262	1.493	9	2,303	13.100

$\frac{M_2}{M_1}$	$\frac{V}{V_1}$	Секундная скорость (v) въ метрахъ.	$\frac{M_2}{M_1}$	$\frac{V}{V_1}$	Секундная скорость (v) въ метрахъ.
0,4	0,336	1.915	10	2,398	13.650
0,5	0,405	2.308	19	2,996	17.100
1	0,693	3.920	20	3,044	17.330
2	1,098	6.260	30	3,434	19.560
3	1,386	7.880	50	3,932	22.400
4	1,609	9.170	100	4,615	26.280
5	1,792	10.100	193	5,268	30.038
6	1,946	11.100	Безконечно.		Безконечно.

Изъ нея усматриваемъ, что скорости, получаемыя реактивнымъ путемъ далеко не малы. Такъ при массѣ взрывчатыхъ веществъ, въ 193 раза превышающей вѣсъ (M_1) снаряда (ракеты), скорость его, по окончаніи взрыванія и израсходованія всего запаса (M_2), равна скорости движенія земли вокругъ солнца. Не думайте, что такая громадная масса взрывчатого матеріала требуетъ для своего сохраненія громаднаго количества крѣпкаго матеріала для сосудовъ, содержащихъ взрывчатые элементы. Дѣйствительно, водородъ и кислородъ въ жидкомъ видѣ только тогда обнаруживаютъ высокое давленіе, когда сосуды, содержащіе ихъ, заперты, т. е. когда самые газы, вліяніемъ окружающихъ сравнительно теплыхъ тѣлъ, нагрѣваются. У насъ же эти ожигенные газы должны имѣть свободный выходъ въ трубу (помимо постоянного притока ихъ туда въ жидкомъ видѣ), гдѣ они, соединяясь химически, взрываютъ. Непрерывное и быстрое теченіе газовъ, соотвѣтствующее испаренію жидкостей, охлаждаетъ эти послѣднія до того, что они, своими парами, не производятъ почти никакого давленія на окружающіе ихъ стѣнки. И такъ, для сохраненія элементовъ взрыва, не требуется на сосудъ большой массы вещества.

Когда запасъ взрывчатого вещества равенъ массѣ ракеты ($\frac{M_2}{M_1} = 1$), то скорость послѣдней чуть не вдвое болѣе той, которая нужна, чтобы камню или пушечному ядру, пущенному „селенитами“ съ поверхности нашей луны, удалиться отъ нея навсегда и сдѣлаться спутникомъ земли, второй луной.

Эта скорость (3920 метровъ въ секунду) почти достаточна для вѣчнаго удаленія тѣлъ, брошенныхъ съ поверхности Марса или Меркурія.

Если отношеніе $\frac{M_2}{M_1}$ массъ будетъ 3, то уже получится, по израсходованіи всего запаса, такая скорость снаряда, которой лишь немного не достааетъ для того, чтобы онъ могъ вращаться за предѣлами атмосферы, вокругъ земли, подобно ея спутнику.

При отношеніи $\frac{M_2}{M_1}$, равномъ 6, скорость ракеты почти достаточна для удаленія ея отъ земли и вѣчнаго вращенія вокругъ солнца въ качествѣ самостоятельной планеты. При большемъ количествѣ взрывчатого запаса, возможно достиженіе пояса Астероидовъ и даже тяжелыхъ планетъ.

Изъ таблицы видно, что и при небольшомъ запасѣ взрывчатыхъ веществъ, окончательная скорость снаряда еще достаточна для практическихъ цѣлей. Такъ при запасѣ, составляющемъ лишь 0,1 вѣса ракеты, скорость равна 543 метрамъ въ секунду, что довольно для поднятія ракеты на 15 километровъ. Далѣе, изъ таблицы мы видимъ, что при незначительномъ запасѣ, скорость, по окончаніи взрыва, приблизительно, пропорціональна массѣ запаса (M_2); слѣдовательно, въ этомъ случаѣ, высота поднятія пропорціональна квадрату этой массы (M_2) запаса. Такъ, при запасѣ, составляющемъ половину массы ракеты ($\frac{M_2}{M_1} = 0,5$), послѣдняя заметитъ далеко за предѣлы атмосферы.

Интересно опредѣлить, какая часть полной работы взрывчатыхъ веществъ, т. е. ихъ химической энергіи, передается ракетѣ.

Работа взрывчатыхъ веществъ выразится $\frac{V_1^2}{2g} \cdot M_2$, гдѣ (g) есть ускореніе земной тяжести; механическая работа ракеты, имѣющей скорость (V), выразится въ тѣхъ же единицахъ: $\frac{V^2}{2g} \cdot M_1$, или, на основаніи формулы 6:

$$\frac{V^2}{2g} M_1 = \frac{V_1^2}{2g} M_1 \left\{ \text{Ln} \left(1 + \frac{M_2}{M_1} \right) \right\}^2.$$

Раздѣливъ теперь работу ракеты на работу взрывчатого матеріала, получимъ:

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

По этой формулѣ вычислимъ слѣдующую таблицу утилизаціи ракетой энергіи взрывчатыхъ веществъ.

Изъ формулы и таблицы видно, что при очень малыхъ количествахъ взрывчатого матеріала утилизація его равна отношенію $\frac{M_2}{M_1}$, т. е. тѣмъ меньше, чѣмъ относительное количество взрывчатыхъ ве-

$\frac{M_2}{M_1}$	Утили- зація.	$\frac{M_2}{M_1}$	Утили- зація.
0,1	0,090	7	0,62
0,2	0,165	8	0,60
0 3	0,223	9	0,59

$\frac{M_2}{M_1}$	Утили- зація.	$\frac{M_2}{M_1}$	Утили- зація.
0,4	0,282	10	0,58
0,5	0,328	19	0,47
1	0,480	20	0,46
2	0,600	30	0,39
3	0,64	50	0,31
4	0,65	100	0,21
5	0,64	193	0,144
6	0,63	Бесконечно.	Нуль.

ществъ меньше. Далѣе, съ увеличеніемъ относительнаго количества взрывчатыхъ веществъ, утилизація возрастаетъ и, приблизительно при учетвереніи ихъ количествъ (сравнительно съ массой ракеты), достигаетъ наибольшей величины (0,65). Дальгѣйшее увеличеніе взрывчатыхъ веществъ, хотя и медленно, но непрерывно уменьшаетъ ихъ полезность; при бесконечно-большомъ ихъ количествѣ, она нуль, также какъ и при бесконечно-маломъ. Изъ таблицы также видимъ, что при измѣненіи отношенія $\left(\frac{M_2}{M_1}\right)$ отъ 2 до 10, утилизація болѣе половины; это значитъ, что въ такомъ случаѣ болѣе половины потенціальной энергіи взрывчатого матеріала передается въ видѣ кинетической энергіи ракетъ.

Ракета подъ вліяніемъ тяжести. Вертикальное поднятіе.

Мы опредѣлили скорость, приобретаемую ракетой въ пустотѣ и при отсутствіи силы тяготѣнія, въ зависимости отъ массы ракеты, массы взрывчатыхъ веществъ и энергіи ихъ химическаго соединенія.

Разберемъ теперь вліяніе постоянной силы тяжести на вертикальное движеніе снаряда.

Мы видѣли, что безъ вліянія тяжести приобретаются ракетой огромныя скорости и утилизируется значительное количество энергіи взрыва. Это будетъ справедливо и для среды тяжести, если только взрывъ будетъ мгновенный. Но такой взрывъ для насъ не годится, потому что при этомъ получится убійственный толчекъ, котораго не вынесетъ ни снарядъ, ни вещи и люди, заключенные въ немъ. Намъ, очевидно, нужно медленное взрываніе; при медленномъ же взрываніи полезный эффектъ уменьшается и даже можетъ обратиться въ нуль.

Дѣйствительно, пусть взрываніе будетъ настолько слабо, что ускореніе ракеты, происходящее отъ него, будетъ равно ускоренію

(g) земли. Тогда снарядъ, во все время взрыванія, будетъ стоять въ воздухѣ неподвижно, безъ опоры.

Конечно онъ не пріобрѣтетъ при этомъ никакой скорости и утилизація взрывчатыхъ веществъ, не смотря на ихъ количество, будетъ равняться нулю. Итакъ, крайне важно изслѣдовать аналитически вліяніе на снарядъ тяготѣнія.

Когда ракета двигается въ средѣ, свободной отъ силы тяжести, то время (t), въ теченіе котораго взрывается весь запасъ взрывчатого вещества, равно:

$7... t = \frac{V}{p}$, гдѣ (V) есть скорость снаряда по окончаніи взрыва, а (p) постоянное ускореніе, сообщаемое ракетѣ взрывчатыми матеріалами въ 1 секунду времени.

Сила взрыванія, т. е. количество веществъ, расходуемыхъ при взрывѣ въ единицу времени, въ этомъ простѣйшемъ случаѣ равномерно ускоряющагося движенія снаряда,—не постоянна, но не прерывно ослабляется—пропорціонально уменьшенію массы снаряда съ остаткомъ невзорванныхъ матеріаловъ.

29. Зная (p), или ускореніе въ средѣ безъ тяжести, можемъ выразить и величину кажущейся (временной) тяжести внутри ракеты въ теченіе ея ускоряющагося движенія, или въ теченіе времени взрыванія.

Принявъ силу тяжести у поверхности земли за единицу, найдемъ величину временной тяжести въ снарядѣ равной $\frac{p}{g}$, гдѣ (g) есть земное ускореніе; формула эта показываетъ, во сколько разъ давленіе на подставки всѣхъ вещей, помѣщенныхъ въ ракетѣ, больше давленія тѣхъ же вещей, лежащихъ на столѣ въ нашей комнатѣ при обыкновенныхъ условіяхъ. Весьма важно знать величину относительной тяжести въ снарядѣ, потому что она обуславливаетъ цѣлость или изломъ аппаратовъ и здоровье людей пустившихся въ путь для изученія неизвѣстныхъ пространствъ и свойственныхъ имъ явленій.

При вліяніи постоянной или переменнѣйшей тяжести, любой силы, время, въ теченіе котораго расходуется одинъ и тотъ же запасъ взрывчатого матеріала, будетъ то-же, какъ и безъ вліянія тяготѣнія; оно выразится извѣстною намъ формулою (см. 7) или слѣдующею:

$$8... t = \frac{V_2}{p-g}, \text{ гдѣ}$$

(V₂) есть скорость ракеты по окончаніи взрыванія въ средѣ тяжести съ постояннымъ ускореніемъ (g). Тутъ, конечно, предполагается, что (p) и (g) параллельны и противоположны (см. заглавіе главы); (p—g) выражаетъ видимое ускореніе снаряда (относительно земли), являющееся

результатомъ двухъ противоположныхъ силъ: силы взрыва и силы тяжести.

32. Дѣйствіе послѣдней на снарядъ нисколько не вліяетъ на относительную въ немъ тяжесть и она выражается безъ всякаго измѣненія формулой 9... $\frac{p}{g}$. Напр., если $p=0$, т. е. если взрываніе нѣтъ, то нѣтъ и временной тяжести, потому что $\frac{p}{g} = 0$. Это значитъ, что если взрываніе прекратится и снарядъ движется въ ту или другую сторону только подъ вліяніемъ своей скорости и силы тяготѣнія солнца, земли и другихъ звѣздъ и планетъ, то находящійся въ снарядѣ наблюдатель ни самъ не будетъ имѣть, повидимому, ни малѣйшаго вѣса, — ни обнаружить его, при помощи самыхъ чувствительныхъ пружинныхъ вѣсовъ, ни въ одной изъ вещей, находящихся при немъ или въ ракетѣ. Падая или поднимаясь въ ней подъ вліяніемъ инерціи даже у самой поверхности земли, наблюдатель не будетъ испытываетъ ни малѣйшей тяжести, пока, разумѣется, снарядъ не встрѣчаетъ никакихъ препятствій, — въ видѣ, напр., сопротивленія атмосферы, воды или твердаго грунта.

Если $p=g$, т. е. если давленіе взрывающихся газовъ равно тяжести снаряда ($\frac{p}{g} = 1$), то относительная тяжесть будетъ равняться земной. При начальной неподвижности, снарядъ въ этомъ случаѣ и остается неподвижнымъ во все время дѣйствія взрыва; если же до него снарядъ имѣлъ какую нибудь скорость (вверхъ, въ бокъ, въ низъ), то эта скорость такъ и останется безъ всякаго измѣненія, пока не израсходуется весь взрывчатый матеріалъ: тутъ тѣло, т. е. ракета уравновѣшена и движется какъ бы по инерціи въ средѣ, свободной отъ тяжести.

На основаніи формулъ 8 и получимъ:

$$10... V = V_2 \left(\frac{p}{p-g} \right).$$

Отсюда, зная какую скорость (V_2) долженъ имѣть по окончаніи взрыва снарядъ, мы вычислимъ (V), по которой, съ помощію формулы 6, опредѣлимъ и потребное количество (M_2) взрывчатыхъ веществъ.

Изъ уравненій 6 и 10 получимъ:

$$11... V_2 = -V_1 \left(1 - \frac{g}{p} \right) \cdot \text{I nat} \left(\frac{M_2}{M_1} + 1 \right).$$

Изъ этой формулы, также какъ изъ предыдущей слѣдуетъ, что скорость, приобретаемая ракетой, меньше при вліяніи тяготѣнія, чѣмъ безъ него (6). Она (V_2) можетъ быть даже равна нулю, не смотря на обиліе взрывчатого запаса, если $\frac{p}{g} = 1$. т. е. если уско-

реніе, сообщаемое снаряду взрывчатымъ матеріаломъ, равно ускоренію земной тяжести, или—давленіе газовъ равно и прямо противоположно дѣйствію тяготѣнія. (См. форм. 10 и 11).

Въ этомъ случаѣ ракета стоитъ нѣсколько минутъ неподвижно, нисколько не поднимаясь; когда же запасъ истощенъ, она падаетъ, какъ камень.

Чѣмъ больше (p) по отношенію къ (g) , тѣмъ большую скорость (V_2) пріобрѣтаетъ снарядъ при данномъ количествѣ (M_2) взрывчатыхъ веществъ (форм. 11).

Поэтому, желая подняться выше, надо сдѣлать (p) какъ можно больше, т. е. производить взрывъ какъ можно дѣятельнѣе. Однако, при этомъ, во-первыхъ, требуется болѣе крѣпкій и массивный снарядъ, во-вторыхъ,—болѣе крѣпкіе предметы и аппараты въ снарядѣ, потому что (по 32) относительная тяжесть въ немъ будетъ весьма велика и въ особенности опасна для живого наблюдателя, если таковой отправляется въ ракетѣ.

Во всякомъ случаѣ, на основаніи формулы 11-ой, въ предѣлѣ,

$$V_2 = -V_1 \cdot \ln \left(\frac{M}{M_1} + 1 \right),$$

т. е., если (p) безконечно велико, или взрывъ моменталенъ, то скорость (V_2) ракеты въ средѣ тяжести та же что и въ средѣ безъ тяжести.

Согласно формулѣ 8 время взрыванія не зависитъ отъ силы тяготѣнія, а лишь исключительно отъ количества $\left(\frac{M_2}{M_1} \right)$ взрывчатого матеріала и быстроты ихъ взрыванія (p) .

39. Любопытно опредѣлить эту величину. Положимъ въ форм. 7 $V=11.100$ метровъ (см. таблицу), а $p=g=9,8$ метра; тогда $t=1.133$ секунды.

Значить въ средѣ, свободной отъ тяжести, ракета пролетѣла равномерно ускоряющимся движеніемъ менѣе 19 минутъ—и это при шестеренномъ количествѣ взрывчатыхъ веществъ сравнительно съ массою снаряда (см. табл.).

При взрываніи же у поверхности нашей планеты, онъ простоялъ бы неподвижно въ теченіи тѣхъ-же 19 минутъ.

40 Если $\frac{M_2}{M_1} = 1$, то, по табл. $V=3.920$ метровъ; слѣдовательно, $t=400$ секундамъ, или $6\frac{2}{3}$ минуты.

При $\frac{M_2}{M_1} = 0,1$, $V=543$ метра, а $t=55,4$ секунды, т. е. менѣе минуты. Въ послѣднемъ случаѣ, у поверхности земли, снарядъ простоялъ бы неподвижно $55\frac{1}{2}$ секундъ.

Отсюда мы видимъ, что взрываніе у поверхности планеты, или вообще въ средѣ, несвободной отъ силы тяжести, можетъ быть совершенно безрезультатнымъ, если происходитъ, хотя и долгое время, но съ недостаточною силою: дѣйствительно, снарядъ остается на мѣстѣ и не получаетъ никакой поступательной скорости, если не приобрѣлъ ее раньше; въ противномъ случаѣ, онъ можетъ совершить нѣкоторое перемѣщеніе съ равномерною скоостью. Если это перемѣщеніе совершается въ верхъ, то снарядъ сдѣлаетъ нѣкоторую работу. Въ случаѣ первоначальной горизонтальной скорости и перемѣщенію будетъ горизонтально; работы тутъ не будетъ, но тогда снарядъ можетъ служить для такихъ-же цѣлей, какъ локомотивъ, пароходъ, или управляемый аэростатъ. Служить для этихъ цѣлей перемѣщенія снарядъ можетъ только въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, пока совершается взрываніе, но и въ такое небольшое время онъ можетъ пройти значительное пространство.

Время стоянія прибора въ средѣ тяготѣнія обратно пропорціонально (g), т. е. силѣ этого тяготѣнія.

Такъ на лунѣ приборъ простоялъ бы неподвижно безъ опоры (при $\frac{M_2}{M_1} = 6$) въ теченіе 2 часовъ.

А. Положимъ въ формулѣ 8, для среды съ тяжестью: $\frac{p}{g} = 10$; $\frac{M_2}{M_1} = 6$; тогда вычислимъ $V_2 = -9990$ метровъ. Относительная тяжесть, по предыдущаго будетъ равна 10, т. е. человекъ въ 70 килограммовъ вѣсомъ, во все время взрыванія (около 2 минутъ) будетъ испытывать тяжесть въ 10 разъ большую, чѣмъ на землѣ и будетъ вѣсить на пружинныхъ вѣсахъ 700 килограммовъ (пудовъ 40). Такую тяжесть путешественникъ можетъ перенести безъ вреда только при соблюденіи особыхъ предосторожностей: при погруженіи въ особую жидкость при особенныхъ условіяхъ.

На основаніи формулы на стр. 60, вычислимъ и время взрыванія, или время этой усиленной тяжести; получимъ 113 секундъ, т. е. менѣе двухъ минутъ. Это очень немного и кажется съ перваго раза поразительнымъ, какъ можетъ снарядъ въ теченіе такого ничтожнаго промежутка времени приобрѣсти скорость, чуть недостаточную для удаленія отъ земли и движенія вокругъ солнца подобно новой планетѣ.

Мы нашли $V_2 = -9990$ метровъ, т. е. такую скорость, которая лишь немного менѣе скорости (V), приобретаемой въ средѣ, свободной отъ силы тяготѣнія, при тѣхъ же условіяхъ взрыва (см. табл. I). Но такъ какъ снарядъ во время взрыванія еще и поднимается на нѣкоторую высоту, то приходитъ даже въ голову, что общая работа взрывчатыхъ веществъ совсѣмъ не уменьшилась, срав-

нительно съ работою ихъ въ средѣ безъ тяжести. Вопросъ этотъ мы сейчасъ разберемъ.

Ускореніе снаряда въ средѣ тяжести выразится $p_1 = p - g$.

На разстояніи отъ поверхности земли, не превышающемъ нѣсколькихъ сотенъ верстъ, мы (g) примемъ постояннымъ, что не повлечетъ за собой большой погрѣшности; да и погрѣшность то будетъ въ неблагопріятную сторону, т. е. истинныя числа будутъ благопріятнѣе для полета, чѣмъ вычисленныя нами.

Высота (h) поднятія снаряда, во время (t) дѣйствія взрыва, будетъ.

$$12... h = \frac{1}{2} p_1 t^2 = \frac{p-g}{2} t^2;$$

выключая отсюда (t), по уравненію 31, получимъ:

$$13... h = \frac{V_1^2}{2(p-g)},$$

гдѣ (V_1) есть скорость снаряда въ средѣ тяжести, по истощеніи всего взрывчатого запаса.

Теперь получимъ, выключая (V_1):

$$14... h = \frac{p-g}{2p^3} V^2 = \frac{V^2}{2p} \left(1 - \frac{g}{p}\right),$$

гдѣ (V) есть скорость, приобретаемая ракетой въ средѣ, свободной отъ тяготѣнія. Полезная работа взрывчатыхъ веществъ въ такой средѣ выразится:

$$15... T = \frac{V^2}{2g}.$$

Работа же (T_1) въ средѣ тяжести выразится въ зависимости отъ высоты поднятія снаряда и его скорости по окончаніи взрыва; именно:

$$16... T_1 = h + \frac{V_1^2}{2g}.$$

Отношеніе этой работы къ предыдущей, идеальной, равно:

$$17... \frac{T_1}{T} = \frac{2hg + V_1^2}{V^2}$$

Исключивъ отсюда (h) и (V) найдемъ:

$$18... \frac{T_1}{T} = 1 - \frac{g}{p},$$

т. е. работа въ средѣ тяготѣнія, получаемая отъ опредѣленнаго количества взрывчатыхъ веществъ (M_2), менѣе, чѣмъ въ средѣ свободной отъ него; разница эта $\left(\frac{g}{p}\right)$ тѣмъ меньше, чѣмъ быстрѣе взрываются газы, или чѣмъ болѣе (p). Напр., въ случаѣ А (стр. 65), потеря составляетъ

только $\frac{1}{10}$, а утилизація (18) равна 0,9. Когда $p = g$, или когда снарядъ стоитъ въ воздухѣ, не имѣя даже постоянной скорости, потеря будетъ полная (1), а утилизація равна нулю. Такова же будетъ утилизація, если снарядъ имѣетъ постоянную горизонтальную скорость.

Въ парагр. А мы вычислили $V_2 = 9990$ метровъ. Примѣнимъ формулу 13 къ случаю А найдемъ: $h = 565$ километровъ; значитъ, въ теченіи взрыва, снарядъ зайдетъ далеко за предѣлы атмосферы и пріобрѣтетъ еще поступательную скорость въ 9990 метровъ.

Замѣтимъ, что скорость эта на 1.110 метровъ меньше, чѣмъ въ средѣ, свободной отъ силы тяготѣнія. Эта разность составляетъ какъ разъ $\frac{1}{10}$ скорости въ средѣ безъ тяжести (см. табл. 22).

Отсюда видно, что потеря въ скорости подчиняется тому же закону, какъ и потери работы (см. 51), что, впрочемъ, строго слѣдуетъ и изъ формулы 34, преобразуя которую, получимъ:

$$V_2 = V \left(1 - \frac{g}{p} \right) \text{ или } V - V_2 = V \frac{g}{p}.$$

Найдемъ:

$$19... T = T_1 \left(\frac{p}{p-g} \right),$$

гдѣ (T_1) есть работа, получаемая снарядомъ отъ взрывчатыхъ веществъ въ средѣ тяготѣнія, сила котораго равна (g).

Чтобы снарядъ могъ совершить всѣ необходимыя работы, поднимаясь въ высоту, преодолевая сопротивленіе атмосферы и пріобрѣталъ желаемую скорость, — необходимо, чтобы сумма всѣхъ этихъ работъ равнялась (T_1).

Опредѣливъ всѣ эти работы, съ помощью формулы 56, вычислимъ T . Зная же (T), вычислимъ и (V), т. е. скорость въ средѣ безъ тяжести, по формулѣ:

$$T = M_1 \frac{V^2}{2g}$$

Зная теперь (V), можемъ рассчитать и потребную массу (M_2) взрывчатыхъ веществъ по формулѣ 16.

Такимъ путемъ, съ помощью предыдущаго, найдемъ:

$$20... M_2 = M_1 e^{\sqrt{\frac{T_1 p}{T_2 (p-g)}}}$$

Вычисляя, мы $\left(M_1 \frac{V_1^2}{2g} \right)$ замѣнили для краткости черезъ (T_2).

Итакъ, зная массу снаряда (M_1) со всѣмъ содержимымъ кромѣ взрывчатаго матеріала (M_2), механическую работу (T_2) взрывчатыхъ

веществъ при массѣ ихъ, равной массѣ снаряда (M_1), работу (T), которую долженъ совершить снарядъ при своемъ вертикальномъ поднятіи, силу взрыванія (p) и силу тяготѣнія (g),—можемъ узнать и количество взрывчатыхъ веществъ (M_2), необходимое для поднятія массы (M_1) снаряда.

Отношеніе $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)$ въ формулѣ не измѣнится, если его сократить на (M_1). Такъ что подъ (T_1) и (T_2) можно подразумѣвать механическую работу (T_1), совершаемую единицею массы снаряда и механическую работу (T_2) единицы взрывчатыхъ веществъ.

Подъ (g) нужно, вообще, подразумѣвать постоянное сопротивленіе, равное суммѣ силъ тяжести и сопротивленія среды. Но сила тяготѣнія постепенно убываетъ съ удаленіемъ отъ центра земли, вслѣдствіе чего утилизируется большее количество механической работы взрывчатыхъ веществъ. Съ другой стороны, сопротивленіе атмосферы, будучи, какъ увидимъ, сравнительно съ тяжестью снаряда, весьма незначительнымъ, — уменьшаетъ утилизацію энергіи взрывчатыхъ веществъ.

По нѣкоторомъ размышленіи увидимъ, что послѣдняя убыль, продолжалась недолгое время полета черезъ воздухъ, съ избыткомъ вознаграждается прибылью отъ уменьшенія притяженія на разстояніяхъ значительныхъ (500 килом.), гдѣ кончается дѣйствіе взрывчатыхъ веществъ.

Итакъ, формулу 20 можемъ смѣло примѣнять къ вертикальному поднятію снаряда, несмотря на осложненіе отъ измѣненія тяжести и сопротивленія атмосферы ($g = 9,8$ метровъ).

Среда тяжести. Отвѣсное возвращеніе на землю.

Разсмотримъ сначала остановку въ средѣ, свободной отъ тяжести или моментальную остановку въ средѣ тяжести. Пусть, напр., ракета силою взрыва нѣ котораго (не всего) количества газовъ приобрѣла скорость 10.000 метровъ въ секунду (см. табл. 22). Теперь, для остановки, слѣдуетъ приобрести такую же скорость, но въ обратномъ направленіи. Очевидно, количество оставшихся взрывчатыхъ веществъ, согласно таблицъ I, должно быть въ 5 разъ больше массы (M_1) снаряда. Стало-быть снарядъ долженъ имѣть, по окончаніи первой части взрыва (для приобретенія поступательной скорости), запасъ взрывчатого вещества, масса котораго выразится черезъ $5 M_1 = M_2$.

Вся масса, вмѣстѣ съ запасомъ, составитъ $M_2 + M_1 = 5 M_1 + M_1 = 6 M_1$.

Этой массѣ ($6M_1$) первоначальное взрываніе должно также сообщить скорость въ 10.000 метровъ, а для этого нужно новое количество взрывчатого матеріала, которое должно также въ 5 разъ (см. 22) превышать массу снаряда съ массою запаса для остановки; т. е. мы должны ее ($6M_1$) увеличить въ 5 разъ; получимъ $30M_1$, что вмѣстѣ съ запасомъ для остановки ($5M_1$) составитъ $35M_1$.

Означивъ число табл. I, показывающее во сколько разъ масса взрывчатого матеріала больше массы снаряда, черезъ (q) ($q = \frac{M^2}{M_1}$), предыдущія разсужденія, опредѣляющія массу всего взрывчатого вещества ($\frac{M^2}{M_1}$) для приобрѣтенія скорости и уничтоженія ея, выразимъ такъ:

$$21. \frac{M^2}{M_1} = q + (1 + q). \quad q = q(2 + q),$$

или прибавляя и вычитая единицу изъ изъ второй части уравненія, получимъ:

$$22. \frac{M^2}{M_1} - 1 + 2q + q^2 - 1 = (1 + q)^2 - 1.$$

Всего же, съ массою ракеты (M_1 , или 1) найдемъ:

$$\frac{M^2}{M_1} + 1 = (1 + q)^2. \text{ Последнее выраженіе легко запомнить.}$$

Когда (q) очень мало, то, приблизительно, количество взрывчатого вещества равно $2q$ (потому что (q^2 будетъ ничтожно), т. е. оно только вдвое больше, чѣмъ для одного приобрѣтенія скорости.

На основаніи полученныхъ формулъ таблицы I, составимъ слѣдующую таблицу:

Табл. II. Въ средѣ безъ тяжести.

V. Метры.	$M_2:M_1$.	$M_3:M_1$.	V. Метры.	$M_2:M_1$.	$M_3:M_1$.
543	0,1	0,21	11.800	7	63
1.037	0,2	0,44	12.500	8	80
1.493	0,3	0,69	13.100	9	99
1.915	0,4	0,96	13.650	10	120
2.308	0,5	1,25	17.100	19	399
3.920	1	3	17.330	20	440
6.260	2	8	19.560	30	960
7.880	3	15	22.400	50	2.600
9.170	4	24	26.280	100	10.200
10.100	5	35	30.038	193	37.248
11.100	6	48	Безконечно.		Безконечно.

Изъ нея видимъ, какъ неодолимо громаденъ запасъ взрывчатого матеріала, если мы хотимъ приобрѣсти очень большую скорость и потерять ее.

Эту таблицу можемъ составить и посредствомъ формулы 6, изъ которой имѣемъ:

$$1 + \frac{M_2}{M_1} = 1, \quad \sqrt{\frac{-V}{V_1}} \quad \text{или} \quad \frac{M_2}{M_1} = 1 - \frac{V}{V_1}.$$

Замѣтимъ, что отношеніе, $\left(-\frac{V}{V_1}\right)$ положительно, потому что скорости снаряда и газовъ противоположны по направленію и слѣдовательно имѣютъ разные знаки.

Полагая въ послѣдней формулѣ (V) вдвое большимъ, чѣмъ въ первомъ столбцѣ таблицы, получимъ отношеніе $\left(\frac{M_2}{M_1}\right)$, т. е. относительное количество взрывчатого матеріала, потребное для приобрѣтенія скоростей послѣдней таблицы и послѣдующаго уничтоженія ихъ.

Если мы находимся въ средѣ тяжести, то въ простѣйшемъ случаѣ вертикальнаго движенія процессъ остановки и опусканія на землю будетъ такой: когда ракета, подъ вліяніемъ приобрѣтенной скорости поднялась на извѣстную высоту и остановилась, то начинается ея паденіе на землю. Когда снарядъ достигнетъ той точки, въ которой окончилось при поднятіи дѣйствіе взрывчатыхъ веществъ, онъ снова подвергается вліянію остатка ихъ,—въ томъ же направленіи и въ томъ же порядкѣ. Очевидно, къ концу ихъ дѣйствія и истощенія всего запаса, ракета остановится въ той точкѣ, у поверхности земли, съ которой было начато поднятіе. Способъ поднятія строго тождественъ со способомъ опусканія; вся разница лишь въ томъ, что скорости обратны въ каждой точкѣ пути.

Остановка въ средѣ тяжести требуетъ болѣе работы и болѣе взрывчатыхъ веществъ, чѣмъ въ средѣ свободной отъ тяготѣнія; потому что въ формулахъ 21 и 22 (q) должно быть больше, если при-мѣнять ракету къ средѣ тяжести.

Обозначивъ это большее отношеніе черезъ (q_1) , найдемъ на основаніи предыдущаго:

$$\frac{q}{q_1} = \frac{T_1}{T} = \frac{q}{p}, \quad \text{откуда}$$

$$23... q = q_1 \left(\frac{p}{p-q} \right).$$

Подставивъ (q_1) вмѣсто (q) въ уравненіе 22, получимъ.

$$24... \frac{M_1}{M_1} = (1 + q_1)^2 - 1 = \left(1 + \frac{pq}{p-g} \right)^2 - 1.$$

Здѣсь (M_1) означаетъ количество, или массу взрывчатыхъ веществъ, необходимую для поднятія съ извѣстной точки и возвращенія въ ту-же

точку при полной остановкѣ ракеты и при полетѣ ея въ средѣ тяжести.

На основаніи послѣдней формулы можемъ составить слѣдующую таблицу, полагая, что $\frac{p}{g} = 10$, т. е., что давленіе взрывчатого матеріала въ 10 разъ больше тяжести ракеты съ остаткомъ взрывчатыхъ веществъ. Въ этой таблицѣ (V) выражаетъ собственно работу $\frac{V^2}{2g}$; скорость же будетъ меньше, потому что часть этой работы ушла на поднятіе въ средѣ тяжести.

Табл. III. Для среды тяжести.

V въ метр.	M ₂ :M ₁ .	M ₂ :M ₁ .
543	0,1	0,235
1.497	0,3	0,778
2.308	0,5	1,420
3.920	1,0	4,457
6.260	2	9,383
7.880	3	17,78
9.170	4	28,64
10.100	5	41,98
11.100	6	57,78
11.500	7	76,05

Среда тяжести. Наклонное поднятіе.

Хотя вертикальное движеніе ракеты какъ будто выгодноѣе, потому что при этомъ скорѣе разсѣкается атмосфера и снарядъ подымается на большую высоту; — но, съ одной стороны, работа разсѣченія атмосферы, сравнительно съ полною работою взрывчатыхъ веществъ, весьма незначительна, съ другой, при наклонномъ движеніи, можно устроить постоянную обсерваторію, движущуюся за предѣлами атмосферы неопредѣленно-долгое время вокругъ земли, подобно ея лунѣ. Кромѣ того и это главное — при наклонномъ полетѣ утилизируется несравненно большая часть энергіи взрыва, чѣмъ при вертикальномъ движеніи.

Разсмотримъ сначала частный случай, — когда полетъ ракеты горизонталенъ.

Если черезъ (R) обозначимъ величину равнодѣйствующей горизонтальнаго ускоренія ракеты, черезъ (p) ускореніе отъ дѣйствія взрыва и черезъ (g) ускореніе отъ силы тяжести, то имѣемъ:

$$24...R = \sqrt{p^2 - g^2}.$$

Кинетическая энергія, полученная снарядомъ чрезъ время (t), равна, на основаніи послѣдней формулы:

$$25... \frac{R}{2} t^2 \left(\frac{p}{g} \right) = \frac{p}{2g} t^2 = \frac{(p^2 - g^2)}{2g} t^2$$

гдѣ (t) есть время взрыва. Это и есть вся полезная работа, приобретенная ракетой. Дѣйствительно ракета нисколько не поднимется, если принять направленіе тяжести постояннымъ (что на практикѣ только при небольшой траекторіи снаряда вѣрно).

Работа-же взрывчатыхъ веществъ, приобретенная ракетой въ средѣ, свободной отъ тяжести, равна:

$$26... \frac{p}{2} t \left(\frac{p}{g} \right) = \frac{p^2}{2g} t^2.$$

Раздѣливъ полезную работу (25) на полную (26), получимъ утилизацію при горизонтальномъ полетѣ ракеты:

$$27... \left(\frac{p^2 - g^2}{2g} t^2 \right) : \left(\frac{p^2}{2g} t^2 \right) = 1 - \left(\frac{g}{p} \right)^2.$$

Сопротивленіе воздуха, какъ и прежде, пока въ расчетъ не принимается.

Изъ послѣдней формулы видно, что потеря работы, сравнительно съ работою въ средѣ, свободной отъ силы тяготѣнія, выражается черезъ $\left(\frac{g}{p} \right)^2$. Отсюда слѣдуетъ, что эта потеря гораздо меньше, чѣмъ при отвѣсномъ движеніи. Такъ напр., при $\frac{g}{p} = \frac{1}{10}$, потеря составитъ $\frac{1}{100}$. т. е. одинъ процентъ; между тѣмъ какъ при вертикальномъ движеніи она выражалась черезъ $\frac{g}{p}$ или равнялась $\frac{1}{10}$. т. е. десяти процентамъ.

Вотъ таблица, гдѣ (β) есть уголъ наклоненія сѣлы (p) къ горизонту:

Горизонтальное движеніе ракеты.

$p:g$	Потеря.	$\sin \beta$.	β . Градусы.
1	1	1	90°
2	1:4	1:2	30
3	1:9	1:3	19,5
4	1:16	1:4	14,5
5	1:25	1:5	11,5
10	1:100	1:10	5,7
100	1:10.000	1:100	0,57

Теперь рѣшимъ вопросъ вообще, — при всякомъ наклоненіи равнодѣйствующей (R). Горизонтальность траекторіи, или равнодѣйствующей, какъ я уже говорилъ, невыгодна потому, что при такомъ движеніи снаряда странно увеличивается его путь черезъ атмосферу, а вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивается и работа разсѣченія имъ воздуха.

Итакъ, будемъ помнить, что (α), или уголъ наклоненія равнодѣйствующей къ вертикали, больше прямого угла. Имѣемъ:

$$29... R_1 = \sqrt{p^2 + g^2} \cdot 2 p g \cdot \cos (\gamma)$$

гдѣ (γ) = $\alpha + 3$ (тупой уголъ параллелограмма, по чертежу). Далѣе:

$$\sin (\alpha) : \sin (\beta) : \sin (\gamma) = p : g : R_1 \text{ и}$$

$$\cos (\alpha) = \frac{R^2 + g^2 - p^2}{2 \cdot p g}.$$

Кинетическая работа выражается формулой 9, гдѣ (R) определяется согласно уравненію 29. Вертикальное ускореніе (R_1) равнодѣйствующей (R) равно;

$$29... R_1 = \sin (\alpha - 90). R = -\cos (\alpha). R.$$

Слѣдовательно работа поднятія снаряда будетъ равна:

$$30... \frac{R_1}{2} \cdot t^2 = \frac{-\cos \alpha}{2} \cdot R \cdot t^2,$$

гдѣ (t) есть время взрыванія всего запаса взрывчатыхъ веществъ. Полная работа, пріобрѣтенная снарядомъ съ средѣ тяжести, выражается:

$$31... \frac{R^2}{2g} \cdot t^2 + \frac{-\cos \alpha}{2} \cdot R \cdot t^2 = \frac{Rt}{2} \cdot \left(\frac{R}{2} - \cos \alpha \right).$$

Здѣсь за единицу работы принято поднятіе снаряда на единицу высоты, въ средѣ съ ускореніемъ (g). Если $\alpha = 90^\circ$, напр. въ случаѣ поднятія снаряда, то ($-\cos \alpha$) есть величина положительная и обратно.

Работа въ средѣ, свободной отъ тяжести, будетъ, равна.

$\frac{p^2}{2g} \cdot t^2$ (не забудемъ, что время (t) взрыванія не зависитъ отъ силъ тяготѣнія).

Взявъ отношеніе этихъ двухъ работъ получимъ утилизацію энергій взрывчатыхъ веществъ, сравнительно съ утилизаціею ихъ въ средѣ лишенной тяжести; именно:

$$32... \frac{Rt}{2} \left(\frac{R}{g} - \cos \alpha \right) : \frac{p^2}{g^2} \cdot t = \frac{R}{p} \left(\frac{R}{p} - \frac{g}{p} \cos \alpha \right).$$

Выключая отсюда (R) по формулѣ 29, найдемъ:

$$33... \left(1 + \frac{g^2}{p^2} + 2 \cos \gamma \cdot \frac{g}{p} \right) - \cos \gamma \cdot \frac{g}{p} \cdot \sqrt{1 + \frac{g^2}{p^2} + 2 \cos \gamma \cdot \frac{g}{p}}$$

Формула 27 напр. есть только частный случай этой, въ чемъ легко убедиться.

Сдѣлаемъ сейчасъ же примѣненіе найденной формулы. Положимъ, что ракета летитъ въ верхъ подъ угломъ въ $14,5^\circ$ къ горизонту; синусъ этого угла составляетъ 0,25; это значитъ, что сопротивленіе атмосферы увеличивается въ 4 раза сравнительно съ сопротивленіемъ ея при отвѣсномъ движеніи снаряда; ибо, приблизительно, сопротивление ея обратно пропорціонально синусу угла наклона ($\alpha=90^\circ$) траекторіи ракеты къ горизонту.

85. Уголъ $\alpha = 90 + 14 \frac{1}{2} = 104 \frac{1}{2}^\circ$; $\cos \alpha = -0,25$; зная (α), можемъ узнать и (β); дѣйствительно, найдемъ: $\sin \beta = \sin \alpha \cdot \frac{g}{p}$; такъ, если $\frac{g}{p} = 0,1$, то $\sin \beta = 0,0968$, откуда $\beta = 110^\circ$; $\cos \gamma = -0,342$.

Теперь, по формулѣ 32, вычислимъ утилизацію въ 0,966. Потеря составляетъ 0,034, или около $\frac{1}{29}$, вѣрнѣе, 3,4 %.

Эта потеря въ 3 раза меньше, чѣмъ при вертикальномъ движеніи. Результатъ недурной, если принять еще во вниманіе, что сопротивление атмосферы и при наклонномъ движеніи $\left(1 + \frac{1}{2}\right)$, никакъ не болѣе одного процента работы удаленія снаряда отъ земли.

Для разныхъ соображеній предлагаемъ слѣдующую таблицу. 1-й столбецъ показываетъ наклоненіе движенія къ горизонту, послѣдній потерю работы; (β) есть отклоненіе направленія давленія взрывчатыхъ веществъ отъ линіи дѣйствительнаго движенія

Наклонное движеніе.

Г р а д у с ы.				Утили- зація.	Потеря.
$\alpha-90$.	α .	β .	$\gamma=\alpha+\beta$.		
0	90	$53\frac{3}{4}$	$95\frac{2}{3}$	0,9900	1:100
2	92	$52\frac{2}{3}$	$97\frac{2}{3}$	0,9860	1:72
5	95	$52\frac{2}{3}$	$100\frac{2}{3}$	0,9800	1:53
10	100	$52\frac{2}{3}$	$105\frac{2}{3}$	0,9731	1:37
15	105	$51\frac{1}{2}$	$110\frac{1}{2}$	0,9651	1:29
20	110	$51\frac{1}{3}$	$115\frac{1}{3}$	0,9573	1:23,4
30	120	5	125	0,9426	1:17,4
40	130	$4\frac{1}{3}$	$134\frac{1}{3}$	0,9300	1:14,3
45	135	4	139	0,9246	1:13,3
90	180	0	180	0,9000	1:10

Для очень малыхъ угловъ наклона ($\alpha - 90^\circ$), формулу 33 можно чрезвычайно упростить, замѣнивъ тригонометрическія величины ихъ дугами и сдѣлавъ другія упрощенія.

Тогда получимъ слѣдующее выраженіе для потери работы:

$\delta^2 + \delta x \left(1 - \frac{x^2}{2}\right) + \delta^2 x^2 \left(-\frac{\delta}{2}\right)$ гдѣ (δ) означаетъ уголъ наклона движенія ($\alpha - 90^\circ$), выраженный длиною его дуги, радиусъ которой равенъ единицѣ, — а (x) — отношеніе $\left[\frac{g}{p}\right]$.

Отбидывая въ послѣдней формулѣ малыя высшихъ порядковъ, получимъ для потерн:

$$x^2 + \delta x = \left[\frac{g}{p}\right]^2 + \delta \cdot \frac{g}{p}.$$

Можемъ положить.

$\delta = 0,02N$, гдѣ 0,02 есть часть окружности, соответствующая почти одному градусу $\left[1 \frac{1}{7}\right]$, а (N) число этихъ новыхъ градусовъ. Такимъ образомъ потеря работы, приблизительно выразится;

$$\frac{g^2}{p^2} + 0,02 \cdot \frac{g}{p} \cdot N.$$

По этой формулѣ легко составимъ слѣдующую таблицу, положивъ $\frac{g}{p} = 0,1$:

$$N = 0; 0,5; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10,$$

$$\text{Потеря} = \frac{1}{100} \quad \frac{1}{51} \quad \frac{1}{83} \quad \frac{1}{70} \quad \frac{1}{60} \quad \frac{1}{55} \quad \frac{1}{50} \quad \frac{1}{45} \quad \frac{1}{33}$$

Отсюда видимъ, что даже для большихъ угловъ (до 10°) противорѣчіе между этой таблицей и предыдущей, болѣе точной, не велико.

— — —

Мы могли бы рассмотреть еще очень много: работу тяготѣнія, сопротивленіе атмосферы; мы совсѣмъ еще ничего не сказали о томъ, какъ изслѣдователь можетъ пробыть продолжительное, даже неопредѣленно долгое время въ средѣ, гдѣ нѣтъ слѣдовъ кислорода; мы не упомянули о нагрѣваніи снаряда при кратковременномъ полетѣ въ воздухѣ, мы не дали даже общей картины полета и сопровождающихъ его крайне интересныхъ явленій (теоретически); мы почти не указали на великія перспективы въ случаѣ осуществленія дѣла, рисующія намъ пока еще въ туманѣ; наконецъ, мы могли-бы начертать космическія кривыя движенія ракеты въ небесномъ пространствѣ.

Н. Циолковскій.