

Э. Б. Микиртумов

**Простейшие расчеты
летающих моделей**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 62
ББК 30.6
Э1

Э1 **Э. Б. Микиртумов**
Простейшие расчеты летающих моделей / Э. Б. Микиртумов – М.: Книга по Требованию, 2013. – 116 с.

ISBN 978-5-458-25071-9

В книге дается описание основных законов аэродинамики, объясняющих образование подъемной силы, лобового сопротивления, тяги винта и т. д. Кроме того, приведены объяснения устойчивости и регулировки модели и способы определения размеров винта и прочих размеров деталей модели. Текст изложен простым и понятным языком. Книга рассчитана на молодежь, знакомую с авиамоделизмом. Для лучшего усвоения текста необходимо знание элементарных основ алгебры.

ISBN 978-5-458-25071-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ГЛАВА II

ЗНАКОМСТВО С ПЛАНЕРОМ

Если бы планер был живым существом, то ему стало бы очень неловко или он возгордился бы... с таким вниманием смотрели на него более сорока пар блестящих глаз. Плотное кольцо ребят хранило глубокое молчание. Взгляды переходили с планера на Семена Михайловича, который в выжидательной позе, довольный таким вниманием, ждал, пока все разместятся.

— Ребята, пользуясь вашим вниманием, я прежде всего расскажу о том, что люди пытались летать давно. Самым убедительным примером того, что полететь можно, являлся пример птиц, которые, несмотря на свой иногда довольно большой вес, летают на многие десятки, сотни и тысячи километров. Почему же не полететь и людям? Находились такие люди, которые говорили, что летать можно, другие же утверждали, что полететь нельзя, что человек «рожден ползать и летать не может», — но мечта о полете была заманчивой, и многие старались ее осуществить. Некоторые старались подражать птицам. Им казалось, что стоит приделать человеку легкие крылья, взмахнуть ими — и человек полетит. Но таким способом человек полететь не мог, не мог потому, что у него нехватало сил. Ведь любая птица относительно (пропорционально своему весу и объему) значительно сильнее человека. Так, по подсчету одного ученого, если бы воробей был величиной с человека, он был бы сильнее его примерно в 72 раза.

В конце 19-го столетия немецкий исследователь Отто Лилиенталь, наблюдая полеты птиц, пришел к интересным выводам:

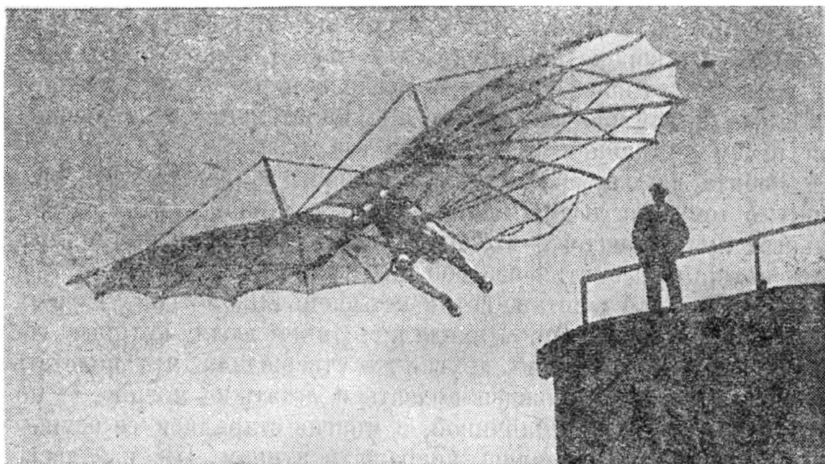
— Почему — рассуждал Лилиенталь, — обязательно махать крыльями? Ведь, если мы посмотрим, как летают птицы, в особенности такие большие и тяжелые, как орлы, грифы и другие, то всякий заметит, что они часами летают, не взмахнув ни разу крыльями. Вот, ребята, взгляните-ка на ворону, которая летит над нами. Видите, она махала крыльями, а сейчас перестала взмахивать ими. Разве она падает, перестав взмахивать?

— Нет.

— Она даже может вверх лететь, — не выдержал Сергей.

— Совершенно верно, дружок. Так давайте продолжим мысль Лилиенталя. — Если птицы могут планировать сверху вниз, то почему бы не попробовать и мне? Только придется сделать побольше крылья и забраться на какое-нибудь возвышение.

Рассуждения Лилиенталя, как оказалось, были правильны. Он построил много планеров, на которых совершал полеты. Вот снимок с одного из его планеров (фиг. 1). А вот на другом рисунке (фиг. 2) показано, как Лилиенталь прыгает с вышки; пунктиром обозначен путь его полета в воздухе.



Фиг. 1.

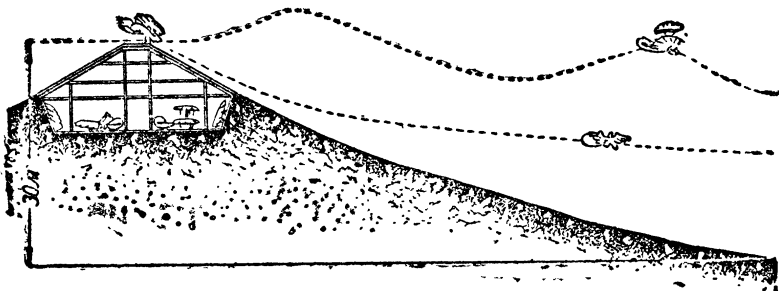
— А как же он управлял планером? — задал вопрос Сергей.

— А вот как. Если Лилиенталю надо было наклонить планер вниз, т. е. на нос, то он вытягивал ноги вперед, отчего центр тяжести всей системы, состоящей из него и планера, перемещался вперед, и планер наклонялся вниз. Если же надо было наклонить планер в сторону, то он в эту сторону отклонял свои ноги. Таким способом Лилиенталь управлял в воздухе планером. На своих планерах Лилиенталь сделал очень много полетов, постепенно увеличивая высоту холма, но однажды сильный порыв ветра перевернул в воздухе планер, и Лилиенталь погиб. Но работа его не пропала. Его примеру последовали многие исследователи. Вскоре на планер установили мотор, и появились первые самолеты. Планер же на некоторое время был забыт, но после войны 1914—1919 гг. в Германии за него взя-

лись снова. Когда успехи планеризма стали известны всему миру, то и остальные страны последовали примеру Германии, в особенности наша Советская страна. В настоящее время советские планеристы держат две трети мировых рекордов в своих руках. Так например, советский планерист продержался в воздухе 35 час. 17 мин.

— Как же это так? Ведь, у планера нет мотора. Ведь, вы сами говорите, что планер планирует вниз.

— Это верно. Секрет здесь заключается в другом. Но об этом поговорим попозже, сейчас же давайте посмотрим на полеты планера. Отойдемте немного в сторону, к нам направляется группа учеников-планеристов, сейчас они начнут летать.



Фиг. 2.

Ребята, с затаенным дыханием слушавшие Семена Михайловича, загалдели снова. Веселым шумным роем отошли они в сторону и присели на землю. Семен Михайлович сея среди ребят.

— Семен Михайлович, — встрепенулся вдруг молчавший до сих пор Иван Федорович, — скажите, зачем вон тот парень прицепил хвост планера к какому-то кольшыку?

— Это вы сейчас поймете сами. Смотрите на группу планеристов.

От группы отделилось восемь человек. Они несли что-то похожее на длинную веревку. Это был шнур-амортизатор. Оба конца шнура положили перед планером так, что они составили треугольник, в вершине которого у середины шнура был планер. Один из учеников надел колечко, привязанное к средней части амортизатора, на крюк под лыжей планера.

Затем к кабине планера, в которой сидел ученик, подошел инструктор и сказал ему:

— Ваше задание: взлет по прямой, разворот на 45° налево.

Посадка. У вас все готово?

— Все готово.

— На амортизаторе!

— Есть на амортизаторе!

— Натягивай!

Команда, стоявшая на амортизаторах, пошла полубегом вперед. Амортизатор натягивался. Команде становилось идти все труднее и труднее. Наконец «амортизаторы»¹ остановились.

— Старт!—спокойно и протяжно командовал инструктор.

Что-то щелкнуло, планер дернулся вперед и, скользя на одной лыже, быстро оторвался от земли, ушел в воздух, спокойно полетел вдоль склона, а затем, повернув в сторону, пошел на посадку. Семен Михайлович обернулся: кто-то настойчиво дергал его за рукав. Это был Сергей.

— Семен Михайлович! У меня есть вопрос.

— Ну, какой же вопрос?

— В книжках, какие есть у меня, описывается, как построить летающую модель самолета, как построить шар, а почему летает модель, как самому рассчитать модель, — не говорят.

— Так, Сергей, а в каком ты классе?

— В восьмом.

— Хорошо, Сергей, я понял, что тебе нужно. Приходи к нам в аэроклуб и там найдешь нашу авиомодельную лабораторию. От моего имени попроси Петрова, инструктора по моделизму, объяснить тебе все, что ты считаешь интересным

¹ Так иногда в шутку называют стоящих на амортизаторе.

Г Л А В А III

В АВИОМОДЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Больше часа беседует Сергей с Петровым. Авиомодельная лаборатория полна всяких приборов, все интересно, все привлекает внимание, от всего трудно оторваться.

— Сергей, чтобы уметь рассчитывать модели, необходимо разбираться в теории авиации. У нас в лаборатории целый ряд приборов, и я сумею при помощи их многое объяснить тебе из теории авиации.

— Подойдем вот к этому прибору (фиг. 3). Он демонстрирует одно из свойств воздуха, которое можно выразить словами так: **с увеличением скорости движения жидкости или газа давление в них уменьшается**. Посмотри на прибор. Стеклянная труба, выходящая из бачка, имеет на конце край *Б*. В середине, в месте *В*, труба сужается, в этом месте вверх идет трубка *Д*. В широких местах трубы есть еще два отростка *Г* и *Е*. Когда я открою край *Б*, обрати внимание на скорость движения шарика в различных местах трубы, который сейчас удерживается иголкой. Внимание! Открываю.

Сергей внимательно вглядывался в шарик. Как только вода пошла по трубе, шарик *Ж*, освобожденный от иголки, двинулся.

Когда шарик проскочил трубу, Петров закрыл край и обратился к Сергею.

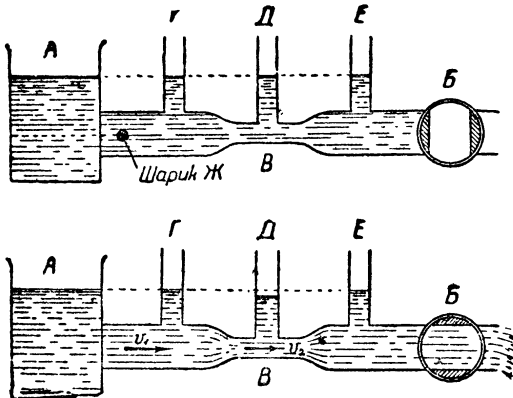
— Ну, рассказывай, что видел.

— Я заметил, что шарик вначале шел медленно, потом в узком месте трубы вдруг заметно увеличил скорость движения, а потом снова пошел медленно.

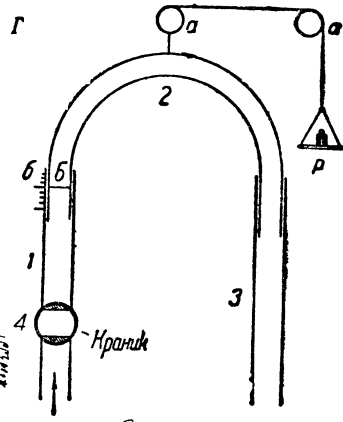
— Совершенно верно. Это происходит потому, что та масса воды, которая идет в широком месте трубы, не может пройти в узком месте с той же скоростью, что в широком. В узкой части трубы она должна идти быстрее. А теперь сообрази, где должно быть давление больше: в месте *В* или в широкой части трубы?

— В месте *В* оно должно быть меньше, так как скорость там больше.

- Верно. Открой-ка кран *В* и посмотри на трубки *Г*, *Д* и *Е*. Что ты заметил?
- Высота столба жидкости меньше в точке *В*, чем в *Г* и *Е*; это происходит...



Фиг. 3.



Фиг. 4.

- Ну... ну...
- ... потому, что давление в отрезке *В* меньше, чем в остальной трубе.
- Совершенно верно. Это настолько очевидно, что ты сумел догадаться сам. То же самое будет, если по этой трубе вместо жидкости будет идти воздух.

Второе свойство воздуха демонстрируется на другом приборе. Подойдем к нему. Вот как он устроен (Фиг. 4): в две вертикальные трубки *1* и *3* вставлена дуга *2* из очень тонкостенной трубки. Дуга *2* ходит с малым трением в трубках *1* и *3*. Через трубку *1* входит вода и, пройдя через дугу *2*, выливается через трубку *3*. Дуга *2* подвешена на нитке, идущей через два блока *а* к чашке с грузиком *Р*. Вверху трубки *1* и дуги *2* сделана черточка *б*. Положим на чашку такой груз *Р*, чтобы он уравновесил дугу *2*. Теперь пойдем к доске и поговорим около нее. Как ты думаешь, что может быть с трубкой *2*, если пустить воду?

- Ничего не будет. Что же с ней может быть?
- Э... нет. Сейчас я нарисую на доске. Пусть это дуга *2* (Фиг. 5). В этой дуге течет вода, течет быстро.
- Я уже догадался: воду будет прижимать к стенке *тт* центробежная сила. Это то же самое, что происходит, когда едешь

в трамвае или автомобиле и вдруг трамвай поворачивается. В таких случаях тебя отбрасывает в сторону, обратную повороту.

— Совершенно правильно. Центробежная сила будет действовать на дугу, как показано на рисунке (фиг. 5) стрелками, и дуга 2 должна подняться, если...

— Если скорость движения воды будет достаточна.

— Верно, теперь пойдем к прибору и проверим это. Поворачивай медленно краник 4 (фиг. 4).

Сергей осторожно повернул краник. Вода пошла по трубкам. Когда скорость движения воды достигла достаточной величины, дуга 2 сдвинулась и медленно пошла вверх. Черточки б, раньше совпадавшие, теперь разошлись под действием центробежной силы.

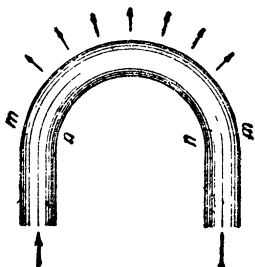
— Сергей, мы проделали этот опыт опять с жидкостью, но то же самое произойдет и с воздухом.

— Но я все еще не понимаю, откуда берется подъемная сила у крыльев.

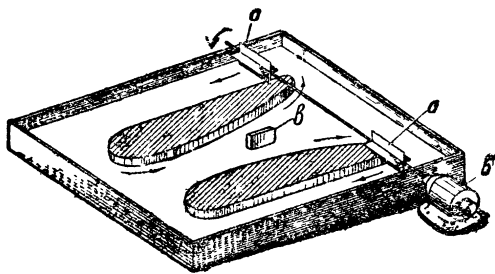
— Ага! Теперь твой вопрос кстати. Разберем его.

Петров подвел Сергея к алюминиевой ванне, наполненной жидкостью (фиг. 6). На поверхности жидкости плавал тонким слоем порошок. Гребные колеса а вращались от моторчика б и гнали воду по крайним каналам во внутренний. Посредине внутреннего (рабочего) канала стояла на стойке пластинка в.

— Сергей, посмотри на пластинку Ты видишь, что сейчас она стоит параллельно струям. Струи идут, как видишь, совершенно



Фиг. 5.



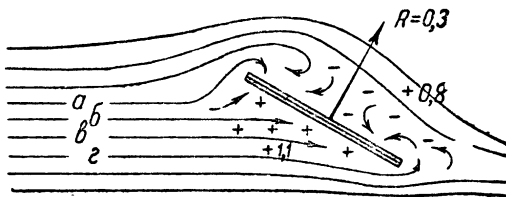
Фиг. 6.

плавно (фиг. 7). Повернем пластинку так, чтобы она стала слегка под углом к струям (фиг. 8). Ты видишь, прежняя плавность нарушается. Вот струйка а подошла к краю пластинки и начала гнаться ее верх, струи б, в, г, натолкнувшись на пластину,

скользят по ней вниз и, дойдя до края, соскакивают за него. В результате сзади пластины образуются беспорядочные потоки или, как их называют, вихри. В завихренном потоке давление падает. Впереди пластинки, давление увеличенное (поставим поэтому значок $+$), а сзади пониженное (значок $-$). Пусть, например, впереди давление увеличилось на $0,1 \text{ ат}^1$, т. е. равно $1,1 \text{ ат}$, сзади же давление понизилось до $0,8 \text{ ат}$. Какое тогда будет давление на пластинку?



Фиг. 7.



Фиг. 8.

Если с одной стороны $1,1 \text{ ат}$, а с другой $-0,8 \text{ ат}$, то ясно, что пересилит давление $1,1 \text{ ат}$, так как оно больше, и давление, которое будет испытывать пластинка, окажется равным разности их, т. е.

$$1,1 - 0,8 = 0,3 \text{ ат}.$$

— Сергей, угол между пластиной и направлением потока называют углом атаки. Это можно нари-

совать так (фиг. 9). Как ты думаешь, зависит от угла атаки давление на пластинку?

— Конечно. Оно будет увеличиваться с увеличением угла. Я это испытал, строя воздушные змеи.

— А как ты думаешь, от чего еще зависит давление воздуха на пластинку?

— Во-первых, от того, в чем пластинка движется: если в воздухе, то давление меньше, чем оно будет, например, в воде.

— Значит, от плотности среды. Запишем... Дальше

— Во-вторых, от площади пластинки, потому что, чем больше площадь, тем больше и давление.

— В-третьих, от скорости: чем больше скорость, тем больше давление.

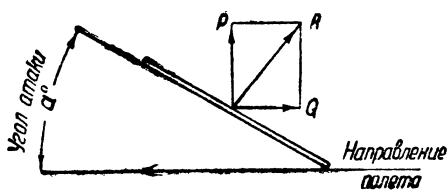
— Так. Очень хорошо. Вернемся опять к нашей пластинке. Если мы силу R (фиг. 9) разложим на две силы (ты ведь умеешь это делать) так, как это сделано на нашей таблице, то сила R .

¹ Атмосфера—единица давления на поверхность; $1 \text{ ат} = 1 \text{ кг/см}^2$.

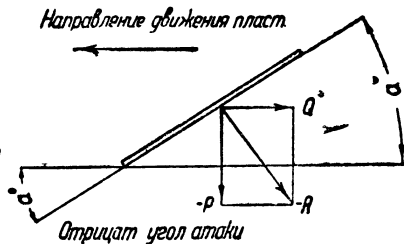
как направленная перпендикулярно к направлению потока, называется подъемной а сила Q , параллельная направлению потока. лобовым сопротивлением.

— А что, если мы перевернем пластинку вот так? — не утерпел Сергей (фиг. 10).

— Тогда, во-первых, угол атаки будет отрицательным (поэтому поставим знак минус перед буквой α (альфа), а сила R будет действовать вниз, вследствие чего сила P теперь будет иметь отрицательное значение, так как она ничего не сумеет поднимать, а, наоборот, будет давить на пластинку вниз: Лишь одна сила Q сохраняет свое прежнее направление.



Фиг. 9.



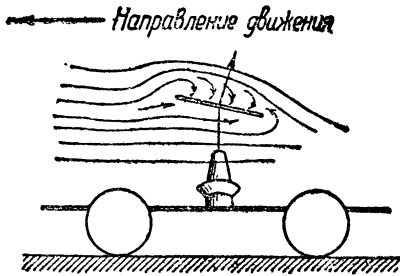
Фиг. 10.

— Я понял все это, но хотел бы убедиться на каком-нибудь опыте.

— Для этого у нас есть аэродинамическая труба. Чтобы иметь возможность рассчитывать самолеты, т. е. определять их размеры, мощность моторов, необходимую для полета, и т. д., надо иметь точное представление о том, как влияет форма и величина крыльев на их подъемную силу. Раньше поступали так строили тележку (фиг. 11) и на ней устанавливали крылья. При движении тележки воздух давил на эти крылья, давление измерялось, и таким образом определяли подъемную силу. Но у этих тележек был целый ряд неудобств: приходилось делать длинные пути, скорость была мала, надо было ожидать безветренной погоды, потому что ветер, в особенности боковой, искажал результаты. Пришлось отказаться от тележек и перейти к трубам.

Аэродинамическая труба устроена так (фиг. 12). В задней части ее расположен вентилятор A , приводимый в движение электромотором. Этот вентилятор A засасывает через другой конец трубы воздух. Изменяя число оборотов вентилятора, можно изменять скорость движения воздуха в трубе. Если мы

в части *В* поместим пластинку *Г* на стержне, который будет зажат между роликами *Б*, и затем, привесив к нижнему концу стержня чашку *Д*, пустим в ход вентилятор, то поток воздуха начнет



Фиг. 11.

давить на пластинку и поднимет ее. Если на чашку *Д* положить груз, то скорость движения воздуха в трубе надо будет увеличить, и тогда пластинка снова поднимется вместе с грузом. Мы с тобой сейчас все это проделаем...

Опыты с трубой подтвердили слова Петрова полностью: при увеличении скорости приходилось увеличивать груз, чтобы удержать пластинку на месте.

— Сергей, запомни, что с увеличением скорости вдвое сопротивление увеличивается в $2 \times 2 = 4$ раза. Проверим это. Сейчас у нас на чашке грузик в $0,2 \text{ кг}$; скорость на приборе *Е* (фиг. 12)... 4 м/сек . Если мы увеличим скорость до 8 м/сек , то груз надо будет увеличить до...

— ... до $0,8 \text{ кг}$ —в четыре раза больше.

— Так, проделай это. Поверни штурвал *Ж* (фиг. 12) до тех пор, пока измеритель скорости не укажет 8 м/сек . Так... Ну, какой груз уравнивается подъемной силой теперь?

— Сейчас... $0,7$... $0,75$... $0,8$. Верно...

— А как ты думаешь, во сколько раз увеличится сопротивление, если скорость увеличится в 3 раза?

— По-моему, в $2 \times 3 = 6$ раз... В шесть раз.

— Э, нет. Ты еще не совсем хорошо понял суть дела. Если скорость увеличится в три раза, то сопротивление будет в $3 \times 3 = 9$ раз (1) больше; если же в четыре, то...?

— То в $4 \times 4 = 16$ раз!! — быстро закончил Сергей.

— Правильно! Ты замечаешь, что сопротивление возрастает не во столько раз, во сколько возрастает скорость, т. е. не прямо пропорционально скорости, а пропорционально квадрату скорости.

— Теперь, вот что. Установим скорость так, чтобы она была равна все время 10 м/сек , и заметим, как будет изменяться подъемная сила *Р*. Поставим вначале пластинку при помощи винта *З* под углом атаки $\alpha = +2^\circ$. Затем уравновесим грузом подъемную силу и запишем в таблицу вес груза, потом повернем