

О ВЫЧИСЛЯЮЩИХЪ МАШИНАХЪ.

(Continuous calculating machines).

(Переводъ съ англійскаго).

Въ прибавленіи къ послѣднему изданію первой части «Treatise on Natural Philosophy» Вильяма Томсона и Тэта помѣщена глава подъ вышеприведеннымъ заглавіемъ.

Въ настоящее время, когда стараются во всѣхъ метеорологическихъ, приливныхъ и пр. наблюденіяхъ имѣть непрерывно регистрирующіе аппараты, мнѣ кажется весьма важное подспорье при обсерваторіи или тѣхъ центральныхъ учрежденіяхъ, гдѣ эти наблюденія подлежатъ обработкѣ, окажутъ вычисляющія машины. Обработка большей части наблюденій состоитъ въ отдѣленіи отдѣльныхъ періодическихъ амплитудъ, что выполняется по извѣстному способу Фурье—разложенія функцій въ періодическіе ряды (этотъ способъ достаточно извѣстенъ по вычисленію коэффициентовъ девиации по девиціямъ на равноотстоящихъ румбахъ по всей окружности).

Вильямъ Томсонъ изобрѣлъ слѣдующія машины: 1) для рѣшенія уравненій первой степени со многими неизвѣстными, и 2) для вычисленія приливовъ, притомъ далъ слѣдующія приложенія изобрѣтенному его братомъ, Джемсомъ, интегратору: 1) къ разложенію функцій въ ряды и вычисленію коэффициентовъ періодическаго ряда, и 2) къ рѣшенію линейныхъ дифференціальныхъ уравненій второго порядка съ переменными коэффициентами.

Устройство всѣхъ этихъ приборовъ, кромѣ перваго, весьма не сложно. Въ книгѣ не дается детальнаго описанія какъ они выполнены, а лишь ихъ принципы, но по этимъ принципамъ ихъ не затруднится выполнить ни одинъ механикъ. Попутно съ переводомъ изложенія теоріи и устройства сказанныхъ приборовъ я счелъ полезнымъ изложить по Томсону и тѣ общія механическія условія, которымъ долженъ удовлетворять всякій точный физическій приборъ.

Мы будемъ предполагать $x_1, x_2 \dots x_n$, настолько малыми, что количества (11), (12) $\dots$ (nn) $\dots$ сохраняютъ тѣже самыя значенія, которыя они имѣютъ когда $x_1, x_2 \dots x_n$ безконечно малы. На практикѣ для этого достаточно размѣстить оси тѣлъ $B_1, B_2 \dots B_n$, оправы шкивовъ на каждомъ изъ этихъ тѣлъ и постоянныя точки $D_1, E_1, D_2, E_2 \dots$ и пр., такимъ образомъ, чтобы при безконечно малыхъ значеніяхъ $x_1, x_2 \dots x_n$, прямые участки нитей $C_1, C_2 \dots C_n$ и линіи безконечно малыхъ перемѣщеній

На практикѣ оправы шкивовъ должны быть устроены, такъ чтобы имъ можно было придать положеніе соотвѣтствующее любому положительному или отрицательному значенію величинъ (11), (12)...
...(nn). Положимъ, что это выполнено, и что каждое изъ тѣлъ $B_1, B_2 \dots B_n$ установлено и удерживается въ своемъ начальномъ положеніи; закрѣпивъ концы нитей за $D_1, D_2 \dots D_n$, проведемъ ихъ указаннымъ выше образомъ черезъ шкивы къ точкамъ $E_1, E_2 \dots E_n$, въ которыхъ вообразимъ себѣ совершенно гладкія весьма малыя колечки, черезъ которыя и пропустимъ эти нити. Удерживая тѣла $B_1, B_2 \dots B_n$, неподвижно будемъ выбирать съ нѣкоторыми постоянными натяженіями $T_1, T_2 \dots T_n$ (на практикѣ помощію грузиковъ подвѣшенныхъ къ свободнымъ концамъ) эти нити, пусть $G_1, G_2 \dots G_n$, суть моменты вокругъ неподвижныхъ осей тѣлъ $B_1, B_2 \dots B_n$, тѣхъ усилій, которыя необходимы, чтобы удерживать эти тѣла неподвижными при сказанныхъ натяженіяхъ нитей, тогда по принципу «возможныхъ перемѣщеній» въ томъ самомъ видѣ, какъ онъ данъ Лагранжемъ, (т. е. какъ «работа») имѣемъ:

$$\left. \begin{array}{l} G_1 = (11) T_1 + (21) T_2 + \dots + (n1) T_n \\ G_i = (12) T_1 + (22) T_2 + \dots + (n2) T_n \\ \vdots \\ G_n = (1n) T_1 + (2n) T_2 + \dots + (nn) T_n. \end{array} \right\} \dots 2$$

Приложимъ, и оставимъ приложенными, къ каждому изъ тѣлъ $B_1, B_2 \dots B_n$ (на практикѣ помощію вѣса самихъ шкивовъ) такія силы которыхъ моменты были бы $G_1, G_2 \dots G_n$, опредѣленные изъ уравненій (2) соотвѣтственно натяженіямъ $T_1, T_2 \dots T_n$, (на практикѣ прямые участки нитей приблизительно вертикальны, и тѣла $B_1, B_2 \dots B_n$ должно устраивать такъ, чтобы они были въ равновѣсіи на ножахъ, когда шкивы съ нихъ сняты, тогда надо всѣ натяженія T сдѣлать равными половинѣ вѣса cadaго изъ шкивовъ съ его оправой). Машина готова къ дѣйствию и чтобы воспользоваться ей протянемъ совмѣстно или послѣдовательно всѣ нити настолько пока длины равныя $e_1, e_2 \dots e_n$ не пройдутъ черезъ колечки $E_1, E_2 \dots E_n$. Необходимыя для этого усилія (импульсы) могутъ быть положительными или отрицательными, на

практикѣ это будутъ весьма ничтожныя давленія руки на грузики висящія на нитяхъ.

Отсчитавъ углы на которые повернутся тѣла $B_1, B_2, \dots, B_n$ отъ ихъ начального положенія, вслѣдствіе такого движенія нитей, мы получимъ искомыя значенія $x_1, x_2, \dots, x_n$ неизвѣстныхъ, удовлетворяющія данной системѣ уравненій.

Исполненіе машины годной практически для рѣшенія системы восьми, десяти или даже большаго числа уравненій со столькими-же неизвѣстными не обѣщаетъ быть особенно труднымъ или сложнымъ.

Точность, которую можно достигнуть пользуясь такой машиной безгранична: дѣйствительно послѣ того, какъ довольно близкій результатъ получился послѣ перваго употребленія машины, не сложное ариѳметическое вычисленіе (въ значительной мѣрѣ облегчаемое таблицами Крелле для умноженія) достаточно, чтобы опредѣлить величины оставшихся погрѣшностей, послѣ чего является возможность воспользоваться машиной, не измѣняя положенія шкивовъ, чтобы опредѣлить поправки неизвѣстныхъ (при вычисленіи эти поправки можно удешевлять или даже увеличивать въ сто разъ и пр.), такъ напр., сто разъ взятую величину поправки принимать за новое неизвѣстное, лишь бы получаемыя такимъ образомъ величины не выходили изъ предѣловъ машины; пользуясь такимъ образомъ машиной для полученія послѣдовательныхъ приближеній, видимъ, что точность результата доставляемаго ей безгранична, вмѣстѣ съ тѣмъ легкость и простота ея употребленія въ томъ случаѣ, когда надлежащая точность получается послѣ одного или двухъ послѣдовательныхъ приближеній, много говоритъ за ея полезность.

Приложенные чертежи 1, 2 и 3 изображаютъ машину для рѣшенія шести уравненій съ шестью неизвѣстными (*).

Фиг. 1 *a* и *б* представляетъ планъ и боковой видъ одного изъ шести тѣлъ $B_1, \dots$ и пр. Фиг. 2 *a* и *б* видъ сбоку и въ планѣ одного изъ 36 шкивовъ P вмѣстѣ съ его оправой и «гео-

(*) *Прим. автора.* Это число потому выбрано для первой выполненной на дѣлѣ машины, что главное ея назначеніе будетъ для вычисленія поправокъ приближенныхъ значеній предварительно ными способами найденныхъ шести элементовъ орбиты кометы или астероида.

метрическимъ правиломъ» (geometrical slide) (*). (Фиг. 3) представляетъ боковой видъ всего прибора.

На этомъ послѣднемъ чертежѣ показана проводка лишь одной изъ шести нитей, и лишь тѣ шесть шкивовъ (изъ 36) черезъ которые эта нить проходитъ, остальные же тридцать непоказаны. Три блока, показанные на верхней части чертежа, суть три изъ восемнадцати, укрѣпленныхъ на верхнемъ переплетѣ рамы машины, и назначаются для уравниванія вѣса шкивовъ Р вмѣстѣ съ ихъ оправами; вѣсъ каждаго изъ этихъ противовѣсовъ составляетъ удвоенный вѣсъ каждаго изъ шкивовъ вмѣстѣ съ его оправой.

Такимъ образомъ если тѣла В уравнишаны на ножахъ въ то время когда каждый изъ шкивовъ занимаетъ среднее положеніе, то эти тѣла останутся въ равновѣсіи и при произвольномъ положеніи шкивовъ; вмѣстѣ съ тѣмъ если вѣсъ груза сдѣлать равнымъ половинѣ вѣса одного изъ шкивовъ, то натяженія каждаго изъ тридцати шести прямыхъ участковъ нитей будутъ равны между собой и равны половинѣ вѣса шкива съ его оправой (отклоненіемъ отъ вертикали какъ этихъ участковъ, такъ и верхнихъ нитей мы пренебрегаемъ по ихъ ничтожности.

Примѣчаніе переводчика. Обращаю вниманіе на чертежъ 2-ой одного изъ шкивовъ съ его оправой, которая представляетъ примѣръ «геометрическаго правила» (geometrical slide) и считаю умѣстнымъ пояснить значеніе этого термина, который, насколько мнѣ извѣстно, въ русской литературѣ еще не встрѣчался.

Какъ извѣстно, число независимыхъ переменныхъ опредѣляющихъ перемѣщеніе тѣла показываетъ число степеней его свободы, такимъ образомъ: свободная матеріальная точка имѣетъ три степени свободы, такъ какъ самое общее ея перемѣщеніе разлагается на три между собою независимыхъ по тремъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ въ пространствѣ, слѣдовательно точка, долженствующая все время оставаться на данной поверхности, имѣетъ лишь двѣ степени свободы, такъ какъ перемѣщенія ея по нормали къ этой поверхности не могутъ имѣть мѣста, а слѣдовательно остается два независимыхъ между собою перемѣщенія лежащихъ въ кас-

(*) Значеніе этого термина см. примѣчаніе переводчика.