А.Н. Крылов

Учебник теории корабля

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 030
ББК 92
А11

А.Н. Крылов

А11 Учебник теории корабля / А.Н. Крылов – М.: Книга по Требованию, 2024. – 220 с.

ISBN 978-5-458-59876-7

Настоящий учебник Теории Корабля составлен по поручению Морского Кадетского Корпуса и составляет переработку литографированных записок, изданных в 1901 году. Содержание учебника видно из оглавления; при изложении автор старался главное внимание обращать на практическую часть дела, и пояснять вычисления примерами, которые надо сделать, чтобы получить числовой ответ на встречающиеся при обычных условиях судовой службы.

ISBN 978-5-458-59876-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

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 первозданном 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

Учебникъ Теоріи Корабля

ОГЛАВЛЕНІЕ.

ГЛАВА III.

Качка корабля.

ГЛАВА IV.

Ходкость корабля.

ГЛАВА V.

Поворотливость.

ТЕОРІЯ КОРАБЛЯ

Введеніе.

§ 1. Теорія корабля имѣетъ предметомъ изученія мореходныя его качества, т. е. плавучесть, остойчивость, ходкость, плавность качки на волненіи и поворотливость.

Это изученіе должно состоять прежде всего въ установленіи тѣхъ элементовъ, которыми эти качества опредѣляются и которые служатъ для нихъ мѣрою. Установленіе такой мѣры дастъ не только возможность выражать соотвѣтствующее качество корабля числомъ, но и искать его зависимость отъ размѣровъ корабля, формы его обводовъ, распредѣленія на немъ грузовъ и т. п., а значитъ и распоряжаться при составленіи проекта корабля этими размѣрами, формою и распредѣленіемъ грузовъ такъ, чтобы обезпечить кораблю надлежащія по роду его назначенія мореходныя качества.

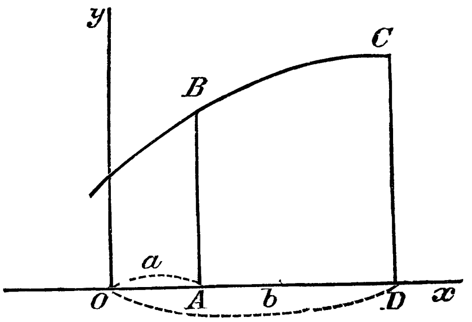
При такомъ изученіи будетъ постоянно встрѣчаться надобность вычислять: площади ограниченныя кривыми линіями, координаты центра тяжести такихъ площадей, объемы ограниченные кривыми поверхностями, положеніе центра тяжести такихъ объемовъ, моменты инерціи и т. п., поэтому сперва надо ознакомиться съ общими способами такихъ вычисленій, что и составляетъ введеніе къ нашему курсу.

§ 2. Вычисленіе площадей, объемовъ, положенія ихъ центра тяжести и проч. сводится къ нахожденію нѣкоторыхъ опредѣленныхъ интеграловъ, которые мы сперва и приведемъ, а затѣмъ покажемъ общіе пріемы вычисленія численной величины любого такого опредѣленнаго интеграла независимо отъ того, что онъ собою представляетъ.

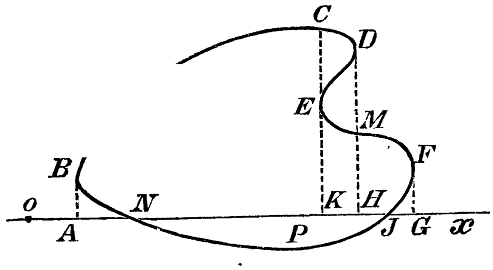
Вычисленіе площади ограниченной какой угодно сомкнутою кривой приводится къ вычисленію такъ называемыхъ простыхъ площадей. Простою площадью называется площадь (фиг 1), ограниченная двумя ординатами AB и CD, частью оси абсциссъ AD и кривою BC.

Длину AD называютъ основаніемъ этой площади Въ частномъ случаѣ одна изъ крайнихъ ординатъ AB или CD или даже обѣ могутъ быть равны и нулю, площадь отъ этого не перестаетъ быть простою.

Если дана какая нибудь кривая, то чтобы привести вычисленіе площади ею ограниченной къ вычисленію простыхъ площадей поступаютъ такъ: проводятъ прямую ox (фиг. 2), которую принимаютъ за ось абсциссъ, затѣмъ проводятъ къ кривой касательныя перпендикулярныя къ ox; пусть эти касательныя будутъ AB, DH. EK, FG, тогда легко видѣть, что предложенная площадь, ограниченная кривою $BCDEFIN$



Фиг. 1.



Фиг. 2.

можетъ быть представлена въ видѣ слѣдующей алгебраической суммы простыхъ площадей:

$$\text{пл. } BCDFIN = \text{пл. } ABCK - \text{пл. } ABN + \text{пл } KCDH$$

$$- \text{пл. } KEDH + \text{пл. } KEMH + \text{пл. } HMFG$$

$$- \text{пл. } IFG + \text{пл. } IPN$$

Остается показать какимъ образомъ вычисляется простая площадь. Пусть данная площадь есть $ABCD$, (фиг. 1) и уравненіе кривой BC есть $y = f(x)$, то, какъ извѣстно площадь $ABCD$ выражается слѣдующимъ опредѣленнымъ интеграломъ:

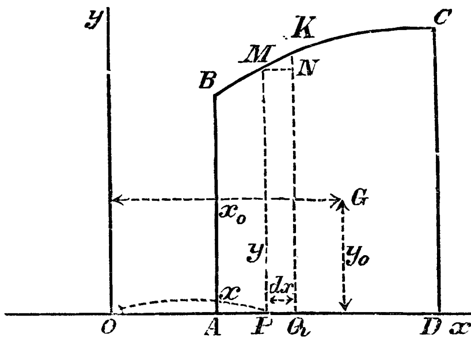
$$\text{пл. } ABCD = S = \int_a^b y\,dx = \int^b f(x)\,dx \qquad (1)$$

гдѣ a есть абсцисса точки B, и b абсцисса точки C

Во многихъ случаяхъ практики функція $f(x)$ не задается аналитически. т. е. уравненіе кривой BC не будетъ извѣстно, а эта кривая будетъ задана на чертежѣ, съ котораго и можно снять ординату. соотвѣтствующую любой данной абсциссѣ, что и выражаютъ тогда знакоположеніемъ $y = f(x)$.

§ 3. Вычисленіе положенія центра тяжести простой площади сводится также къ нахожденію простыхъ опредѣленныхъ интеграловъ.

Какъ извѣстно абсцисса X_0 центра тяжести площади $ABCD$ получится, если моментъ этой площади относительно оси oy раздѣлить на самую площадь. Разбивъ основаніе площади AD на безконечно малыя части, такія какъ PQ, и проведя черезъ точки дѣленія ординаты, мы разобьемъ самую площадь на безконечно малыя площадки, такія какъ $PMKQ$, которыя отличаются лишь на безконечно малыя величины высшихъ порядковъ, отъ соотвѣтствующаго каждой изъ нихъ прямоугольника, такого какъ $PMNQ$. Площадь $ABCD = S$ есть предѣлъ суммы площадей сказанныхъ безконечно-малыхъ прямоугольниковъ, моментъ этой площади есть предѣлъ суммы моментовъ площадей всѣхъ этихъ прямоугольниковъ. Моментъ же площади прямоугольника $PMNQ$ при сдѣланныхъ на чертежѣ (фиг. 3) обозначеніяхъ выражается такъ:



Фиг. 3.

$$\text{Мом. пл. } PMNQ = \text{пл. } PMNQ \left(x + \frac{1}{2}dx\right) =$$

$$= y \,.\, dx \,.\left(x + \frac{1}{2}dx\right) = yx\,dx + \frac{1}{2}y\,dx\,dx.$$

Послѣдній членъ представляетъ собою безконечно малую величину второго порядка по отношенію къ dx: и, слѣдовательно, при розысканіи предѣла суммы, не измѣняя этого предѣла, можетъ быть отброшенъ, и мы такимъ образомъ получимъ:

$$\text{Мом. пл. } ABCD = S \,.\, X_0 = \int_a^b yx\,dx$$

откуда

$$X_0 = \frac{\int_a^b yx\,dx}{S} \quad . \; . \qquad (2)$$

Чтобы найти ординату центра тяжести Y_0 надо взять моментъ данной площади относительно оси ox и раздѣлить на самую площадь.

Совершенно такъ же какъ и выше этотъ моментъ будетъ представвлять собою предѣлъ суммы моментовъ такихъ безконечно малыхъ площадей какъ $PMNQ$, который, очевидно, выражается такъ:

$$\text{Мом. пл. } PMNQ = y dx \cdot \frac{1}{2} y = \frac{1}{2} y^2 dx$$

слѣдовательно,

$$\text{мом. пл. } ABCD = S \cdot Y_0 = \frac{1}{2}\int_a^b y^2 dx,$$

откуда

$$Y_0 = \frac{\frac{1}{2}\int_a^b y^2 dx}{S} \quad \ldots \quad (3)$$

Когда предложенная площадь не простая, то разбивъ ее на простыя и вычисливъ въ отдѣльности координаты центра тяжести каждой изъ этихъ послѣднихъ, найдемъ по слѣдующимъ формуламъ и координаты центра тяжести заданной площади. Пусть s_1, s_2, s_3, ... s_k суть тѣ простыя площади, на алгебраическую сумму коихъ данная площадь S разбита, и пусть $x_1 y_1$, $x_2 y_2$, ... $x_k y_k$, суть координаты ихъ центровъ тяжести и X_0, Y_0 координаты центра тяжести площади S, и положимъ, что S представляется слѣдующею алгебраической суммой:

$$S = s_1 + s_2 - s_3 + \ldots + s_k.$$

Чтобы получить координатъ X_0 и Y_0 центра тяжести площади S, стоитъ только воспользоваться извѣстной изъ механики теоремой моментовъ, согласно которой моментъ всей площади S равенъ алгебраической суммѣ моментовъ отдѣльныхъ площадей ее составляющихъ. Для полученія X_0 беремъ моменты относительно координатной плоскости ZY или, что въ нашемъ случаѣ тоже, относительно оси OY, тогда будетъ:

$$SX_0 = s_1 x_1 + s_2 x_2 - s_3 x_3 + \ldots + s_k x_k$$

откуда слѣдуетъ:

$$X_0 = \frac{s_1 x_1 + s_2 x_2 - s_3 x_3 + \ldots + s_k x_k}{S} \quad \ldots \ldots (4)$$

Точно также взявъ для полученія Y_0 моменты относительно оси OX получимъ:

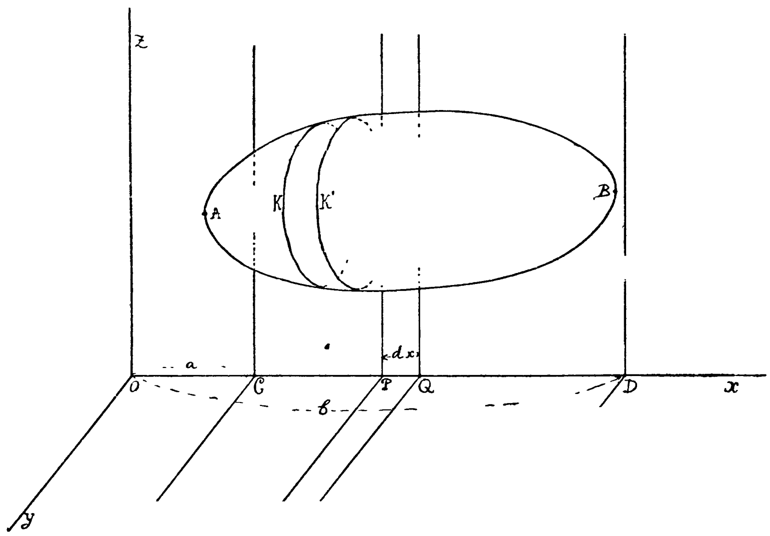
$$Y_0 = \frac{s_1 y_1 + s_2 y_2 - s_3 y_3 + \ldots + s_k y_k}{S} \quad \ldots \quad (5)$$

При вычисленіи по этимъ формуламъ надо обращать вниманіе на знаки координатъ, поступая по правиламъ алгебры.

§ 4. Вычисленіе объема ограниченнаго кривою поверхностью можетъ быть также приведено къ вычисленію простыхъ опрдѣленныхъ интеграловъ.

Пусть данъ объемъ V ограниченный какою-нибудь замкнутою поверхностью (фиг. 4).

Проведя къ этой поверхности касательныя плоскости параллельныя плоскости zoy, мы получимъ абсциссы a и b крайнихъ точекъ этой поверхности; раздѣливъ отрѣзокъ CD на безконечно-малыя части и про-

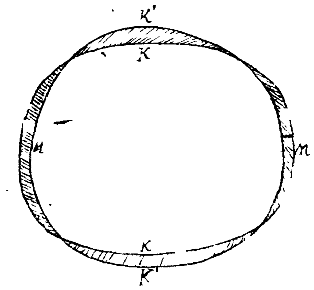


Фиг. 4.

ведя черезъ точки дѣленія плоскости параллельныя zoy, мы разсѣчемъ данный объемъ на безконечно тонкіе слои, такіе какъ указанный на чертежѣ (4). Каждый изъ этихъ слоевъ ограниченъ двумя плоскостями и заключенною между ними частью поверхности. Эта поверхность пересѣкается съ сказанными плоскостями по кривымъ K и K'.

Вообразимъ, что изъ всѣхъ точекъ кривой K проведены прямыя паралл льныя оси X до пересѣченія ихъ съ плоскостью Q, тогда получится прямой цилиндръ съ основаніемъ K и высотою PQ, и въ сѣченіи этого цилиндра съ плоскостью Q получится кривая равная K. Совершенно также взявъ кривую K' и построивъ соотвѣтственно ей цилиндръ до пересѣченія съ плоскостью P, мы и на этой плоскости получимъ ту же фигуру, что и на плоскости Q. Такимъ образомъ на каждой изъ этихъ плоскостей получается двѣ кривыя: K и K' (фиг. 5).

Очевидно, что разсматриваемый слой будетъ заключаться внутри цилиндра коего основаніе есть кривая $NK'MK'$, цилиндръ же съ основаніемъ $KHKG$ будетъ весь заключаться внутри слоя. Въ предѣлѣ, когда разстояніе PQ обращается въ нуль, обѣ кривыя K и K', сливаются въ одну, значитъ заштрихованная на чертежѣ (фиг. 5) площадь обращается въ предѣлѣ въ нуль и, слѣдовательно, есть безконечно малая. Такъ какъ высота PQ разсматриваемыхъ цилиндровъ и слоя есть также безконечно-малая, то объемъ слоя отличается отъ объема каждаго изъ этихъ цилиндровъ, а значитъ и отъ объема цилиндра съ основаніемъ K, на безконечно-малыя величины высшихъ порядковъ, и при разысканіи предѣла суммы, можно эти безконечно малыя высшихъ порядковъ отбрасывать и разсматривать заданный объемъ какъ предѣлъ суммы объемовъ цилиндровъ съ основаніемъ K.



Фиг. 5.

Обозначимъ черезъ ω площадь кривой K соотвѣтствующей плоскости P, абсцисса коей есть x, очевидно, что ω будетъ нѣкоторой функціей отъ x. Пусть

$$\omega = F\ (x)$$

тогда объемъ сказаннаго цилиндра съ основаніемъ ω будетъ: $\omega\ .\ dx$ и предѣлъ суммы такихъ объемовъ будетъ выражаться интеграломъ $\int_a^b \omega\, dx$, и мы получимъ формулу:

$$V = \int_a^b \omega\, dx = \int_a^b F\ (x)\ dx \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (6)$$

гдѣ $\omega = F\ (x)$ есть площадь сѣченія соотвѣтствующаго абсциссѣ x. Такимъ образомъ вычисленіе объема приводится къ вычисленію площадей сѣченія, и затѣмъ опредѣленнаго интеграла (6)

§ 5. Вычисленіе положенія центра тяжести объема. Чтобы найти абсциссу X_0 центра тяжести объема V, стоитъ только разсуждать подобно тому, какъ было сдѣлано для площадей, беря моменты относительно плоскости zoy; тогда получится слѣдующая формула:

$$X_0 = \frac{\int_a^b \omega x\, dx}{V} \quad . \ . \qquad (7)$$

Чтобы вычислить координату Y_0 центра тяжести разсматриваемаго объема надо разсѣкать его плоскостями параллельными плоскости zox совершенно подобно тому какъ мы сдѣлали выше. Обозначая черезъ

σ площадь сѣченія соотвѣтствующую разстоянію y отъ плоскости zox и черезъ c и d разстоянія до нея касательныхъ плоскостей къ данной поверхности параллельныхъ плоскости zox, и взявъ моментъ относительно этой плоскости, получимъ

$$V \,.\, Y_0 = \int_c^d \sigma y \, dy \,.$$

Отсюда слѣдуетъ:

$$Y_0 = \frac{\int_c^d \sigma y \, dy}{V} \,. \qquad \ldots\ldots (8)$$

Совершенно также, чтобы вычислить координату Z_0, надо проводить сѣкущія плоскости паралелльно плоскости yox и брать сумму моментовъ полученныхъ безконечно-малыхъ цилиндровъ, на которые такимъ образомъ разобьется объемъ V, относительно плоскости yox. Обозначая черезъ τ площадь сѣченія поверхности ограничивающей объемъ V плоскостью проведенной въ разстояніи z отъ xoy и черезъ g и h, разстоянія до нея касательныхъ плоскостей ей параллельныхъ, получимъ:

$$V \,.\, Z_0 = \int_g^h \tau z \, dz$$

откуда:

$$Z_0 = \frac{\int_g^h \tau z \, dz}{V} \qquad \ldots\ldots (9)$$

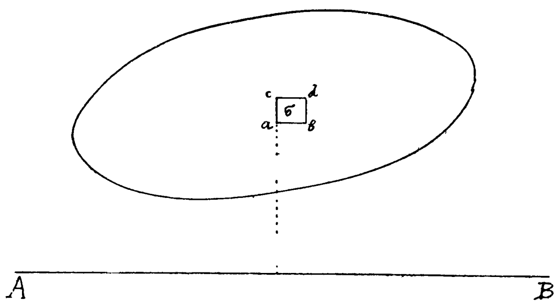
§ 6. О моментахъ инерціи площадей. *Моментомъ инерціи* тѣла относительно какой-либо оси называется сумма произведеній массъ всѣхъ частицъ этого тѣла на квадраты ихъ разстояній до разсматриваемой оси. Совершенно подобно тому, какъ разсуждаютъ о центрѣ тяжести объемовъ, переходя къ нимъ отъ однородныхъ тѣлъ, затѣмъ отъ объемовъ переходятъ къ центрамъ тяжести площадей и линій, такъ можно говорить и о моментахъ инерціи объемовъ, площадей и линій. Такимъ образомъ подъ моментомъ инерціи объема разумѣютъ предѣлъ суммы произведеній элементарно-малыхъ объемовъ, на которые разбитъ данный, на квадраты ихъ разстояній до разсматриваемой оси.

Точно также подъ моментомъ инерціи площади, надо разумѣть, предѣлъ суммы произведеній элементарно-малыхъ площадокъ, на которыя разбита данная площадь, на квадраты ихъ разстояній до оси.

Намъ придется имѣть дѣло съ моментами инерціи площадей, поэтому покажемъ нѣкоторыя простѣйшія ихъ свойства.

Пусть дана площадь S и ось AB (чертежъ 6), разобьемъ нашу площадь на элементы, такіе какъ σ и положимъ, что бы будемъ увеличивать неопредѣленно число этихъ элементовъ, уменьшая въ то же время ихъ величину; тогда будетъ площ. $S = \Sigma\sigma$, разумѣя подъ знакомъ Σ — сумму всѣхъ элементовъ. подъ этимъ знакомъ стоящихъ.

Моментъ инерціи площади получится, взявъ сумму произведеній $\sigma \,.\, r^2$, гдѣ r — разстояніе отъ σ до оси Здѣсь является сомнѣніе, что разумѣть подъ словомъ «разстояніе элемента σ до оси AB». Разстояніе всегда мѣряется отъ какой-либо точки, элементъ же площади σ будетъ заключать въ себѣ безчисленное множество точекъ; но эти точки будутъ всѣ между собою сколь угодно близки при уменьшеніи элемента σ. Покажемъ во-первыхъ, что безразлично, которую изъ нихъ ни взять. Очевидно, что если взять какую-нибудь точку на ближайщей къ оси сторонѣ элемента ab и обозначить это разстояніе черезъ ρ, и затѣмъ взять точку на сторонѣ cd элемента, то разстояніе до нея будетъ $\rho + \varepsilon$, гдѣ $\varepsilon = ac$; разстояніе же r отъ всякой промежуточной точки будетъ заключаться между этими двумя ρ и $(\rho + \varepsilon)$



Фиг. 6.

Слѣдовательно будетъ:

$$\Sigma\sigma\rho^2 < \Sigma\sigma r^2 < \Sigma\sigma(\rho + \varepsilon)^2,$$

причемъ эти неравенства будутъ имѣть мѣсто при всякомъ числѣ и всякой величинѣ элементовъ σ. Изъ предыдущаго неравенства очевидно слѣдуетъ такое:

$$\Sigma\sigma r^2 - \Sigma\sigma\rho^2 < \Sigma\sigma(\rho + \varepsilon^2) - \Sigma\sigma\rho^2 \,. \qquad . \; . \qquad (*)$$

Но

$$\Sigma\sigma(\rho + \varepsilon)^2 = \Sigma\sigma(\rho^2 + 2\rho\varepsilon + \varepsilon^2) = \Sigma\sigma\rho^2 + 2\varepsilon \,.\, \Sigma\sigma\rho + \varepsilon^2\Sigma\sigma$$

и, слѣдовательно:

$$\Sigma\sigma(\rho + \varepsilon)^2 - \Sigma\sigma\rho^2 = 2\varepsilon\Sigma\sigma\rho + \varepsilon^2 \,.\, \Sigma\sigma.$$

Величина $\Sigma\sigma$ представляетъ собою самую площадь S: величина $\Sigma\sigma\rho$ при неопредѣленномъ увеличеніи числа элементовъ, представляю-