

М.Г. Редькин

**Плавающие колесные и гусеничные
машины**

**Москва
«Книга по Требованию»**

М11 **М.Г. Редькин**
Плавающие колесные и гусеничные машины / М.Г. Редькин – М.: Книга по Требованию, 2023. – 200 с.

ISBN 978-5-458-30574-7

За время, прошедшее с момента выхода в свет первого издания книги, создано значительное количество новых конструкций плавающих колесных и гусеничных машин на базе использования достижений науки и техники, внесших много нового в теоретические положения и конструктивные решения. Расширился также круг вопросов, выдвигаемых практикой и требующих освещения на страницах печати. В связи с этим содержание книги при подготовке ко второму изданию было подвергнуто значительному пересмотру, в книгу внесен ряд дополнений и изменений, отражающих все новейшие достижения в развитии конструкций плавающих колесных и гусеничных машин. Главы II, III и IV дополнены описанием некоторых типов новых плавающих машин, машин с газотурбинными двигателями и двигателями непосредственного впрыска; при этом сохранено описание некоторых рассмотренных ранее машин, представляющих собой самостоятельный тип или характеризующих определенный этап в их развитии. Впервые рассматриваются схемы конструкций новых плавающих машин — автопоездов с активными и пассивными прицепными звеньями, переламывающегося автомобиля, а также схемы конструкций плавающих автомобилей, применяемых в качестве инженерных средств, и др. В главе V описаны принципы движения машин на подводных крыльях и аппаратов на воздушной подушке, позволяющих значительно увеличить скорость движения на воде. При переработке книги автор учел высказанные читателями замечания и пожелания, за что выражает всем откликнувшимся на его труд глубокую признательность. Книга рассчитана на широкий круг читателей, и прежде всего на водителей плавающих машин. Большую пользу для себя извлечет из нее каждый, кто захочет ознакомиться с основами теории и конструкции плавающих колесных и гусеничных машин.

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.

ВВЕДЕНИЕ

В ходе боевых действий войскам довольно часто приходится переправляться через реки, озера и другие водные преграды. Эти преграды затрудняют войскам ведение боевых действий, так как для их преодоления требуются значительные усилия.

Современные плавающие гусеничные и колесные машины, обладающие такими качествами, как плавучесть, устойчивость, относительно высокая скорость движения на воде (ходкость) и поворотливость, способны передвигаться и по суше и по воде.

Первым научным обобщением накопленных практикой сведений о природе и свойствах тел, погруженных в воду, считается трактат Архимеда «О плавающих телах», написанный за 250 лет до нашей эры.

В XV—XVII вв. идеи Архимеда были развиты в работах Леонардо да Винчи, Галилея, Паскаля и Ньютона, представлявших собой отдельные исследования в области науки о плавании тел, но их исследования носили чисто описательный характер и не всегда отражали сущность тех или иных явлений.

Крупнейший вклад в изучение основ плавучести, устойчивости, поворотливости и скорости движения по воде внес почетный член Петербургской академии наук Л. Эйлер (автор труда «Корабельная наука», изданного в середине XVIII в.). Вопросы о сопротивлении воды движению тел глубоко изучил и обосновал член Петербургской академии наук Д. Бернулли. Выведенное им уравнение, устанавливающее связь между давлением и скоростью в потоке жидкости, до сих пор служит основой расчетов движения жидкости.

Выдающиеся советские ученые Н. Жуковский, А. Крылов, В. Поздунин и их ученики обогатили науку о плавании тел новыми выдающимися открытиями.

Обычно плавающие машины разрабатываются на базе

стандартных моделей сухопутных (неплавающих) машин или с использованием их агрегатов. Это дает возможность применять уже проверенные опытом эксплуатации агрегаты и базировать их выпуск на уже отработанной технологии производства. Однако устанавливаемые в плавающих машинах агрегаты и механизмы сухопутных машин из-за специфичности требований, предъявляемых к их габаритным и весовым параметрам, к герметичности и др., подвергаются серьезным изменениям.

Плавающие машины, имея много общего с сухопутными, все же существенно отличаются от сухопутных. Водонепроницаемый корпус, водходный (водяной) движитель, создающий тягу при движении на воде, водооткачивающие средства, волноотражательный щит — вот далеко не полный перечень специальных устройств плавающих машин.

Устройство и работа агрегатов плавающих машин, общих с агрегатами сухопутных машин, рассматриваются в книге не в полном объеме. С большей подробностью рассказывается о способности колесных и гусеничных машин перемещаться по воде, о назначении, устройстве и конструктивных особенностях основных специальных агрегатов и механизмов, а также об устройстве и конструктивных особенностях отдельных агрегатов и механизмов сухопутных машин, устанавливаемых в плавающих машинах.

ГЛАВА I

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПЛАВАНИЯ МАШИН

Автомобиль с большой скоростью движется по дороге. На его пути встречается широкая глубокая река. Он быстро входит в воду и стремительно пересекает реку.

Казалось бы, машины, изготовленные из металла, должны тонуть. Но они не тонут, а легко переплывают реку. Что придает этим машинам такое чудесное свойство — возможность двигаться по земле и на воде?

Плавающая машина сохраняет почти все свойства сухопутной машины, поэтому она легко передвигается на суше, а для того чтобы гусеничные и колесные машины свободно плавали на воде и были безопасны в эксплуатации, они должны обладать основными водоходными качествами: плавучестью, устойчивостью, скоростью движения на воде, поворотливостью и др.

Плавучесть

Под плавучестью понимается способность машины плавать на воде с необходимой нагрузкой и сохранять при этом определенную осадку.

Известно, что тело, изготовленное из материалов, удельный вес которых меньше удельного веса воды, всегда плавает, так как его вес меньше веса воды, вытесненной объемом тела. Что же требуется для плавания тела, изготовленного из материала, удельный вес которого больше удельного веса воды?

Плавучесть всякого тела объясняется открытым за 250 лет до нашей эры законом: «На тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная весу жидкости, вытесненной телом». Этот закон гениального древнегреческого ученого Архимеда, названный по имени его первооткрывателя, стал основой, на которой развилась вся водоплавающая техника.

Допустим, понтон прямоугольной формы длиной 7 м и шириной 3 м под действием веса углубился на 1 м. Значит, объем вытесненной этим телом воды будет $7 \times 3 \times 1 = 21 \text{ м}^3$. Каждый кубический метр пресной воды весит одну тонну (1000 кг). Поэтому полный вес воды, вытесненной понтоном, составит 21 т.

Машина, изготовленная из материалов, удельный вес которых больше удельного веса воды, будет плавать, если придать ей такие размеры и форму, а затем рассчитать ее вес так, чтобы он был равен весу воды, вытесненной погруженной в воду частью машины.

Объем погруженной в воду части машины, называемый объемным водоизмещением, служит мерой плавучести и измеряется в кубических метрах. Вес воды D в объеме погруженной в воду части машины называется **весовым водоизмещением** (или **водоизмещением**) и измеряется в тоннах.

Объемное водоизмещение машины подсчитывается по теоретическому чертежу.

Если бы форма машины была прямолинейной (как и форма понтона), то для определения водоизмещения ее подводной части достаточно было бы перемножить длину, ширину и углубление. Но поскольку подводная поверхность машины имеет разную форму, водоизмещение ее меньше прямоугольного параллелепипеда, имеющего те же размеры, что и машина. Для оценки степени полноты подводной части без выступающих частей вводится коэффициент общей полноты δ , показывающий, какую часть этого параллелепипеда составляет водоизмещение машины.

Следовательно, приближенно объемное водоизмещение подсчитывают по формуле

$$W = \delta LBT,$$

где δ — коэффициент полноты водоизмещения машины;

L — длина машины, м;

B — ширина машины, м;

T — углубление машины, м.

Величина коэффициента δ зависит от типа машины и для плавающих машин составляет 0,7—0,85.

На машину, полупогруженную в воду, действуют следующие силы (рис. 1).

1. Результирующая сила веса всех частей машины (корпуса, двигателя, силовой передачи, ходовой части и т. п.), которую называют **весом машины** и обозначают буквой P . Сила P приложена в центре тяжести машины и

при любом ее положении направлена вертикально вниз. Она стремится погрузить машину в воду. Центр тяжести машины при всех возможных наклонах ее никогда не меняет своего положения, если только грузы в ней не перемещаются. Центр тяжести обозначается буквами *Ц. Т.*

2. Равнодействующая всех сил давления воды на смоченную поверхность машины называется **поддерживающей силой** или **силой плавучести**. Ее обозначают буквой *D*. Она

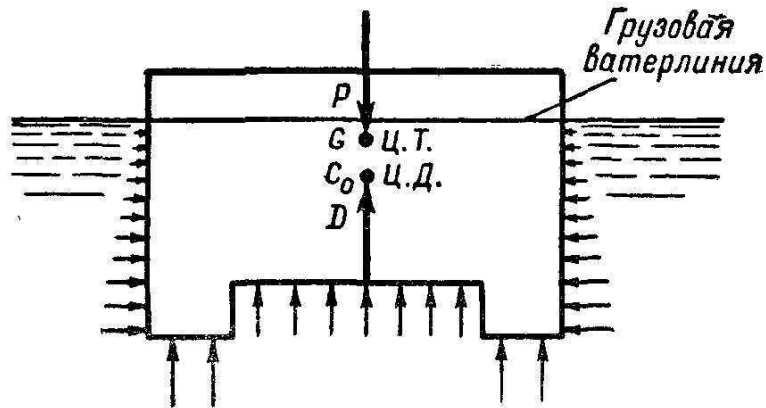


Рис. 1. Силы, действующие на плавающую машину

складывается из сил давления воды (на рис. 1 силы показаны стрелками), действующих на каждую точку подводной части машины перпендикулярно к ее поверхности. Каждая из этих сил тем больше, чем глубже погружена точка, к которой она приложена. Суммарная поддерживающая сила согласно закону Архимеда равна весу вытесняемого машиной объема воды, т. е.

$$D = \gamma W,$$

где γ — объемный вес воды, t/m^3 ;
 W — подводный объем, m^3 .

Поддерживающая сила всегда направлена вертикально вверх и приложена в центре тяжести вытесненного машиной объема воды. Точку приложения этой силы принято называть **центром давления** (*Ц. Д.*) или **центром водоизмещения** (*Ц. В.*). Центр давления меняет свое место в зависимости от формы подводной части машины и всегда перемещается в сторону наклона машины.

Для плавания машины в положении равновесия необходимы два следующих условия:

1) вес воды, вытесненной машиной, должен равняться весу самой машины; если обозначить через *P* вес машины,

а через D — вес объема воды, вытесняемой ею, то $P = D$, или $\gamma W = P$;

2) центр тяжести и центр давления должны находиться на одной вертикальной прямой.

Водоходные (навигационные) качества машины определяются формой корпуса и характеристикой его обводов. Наружная поверхность корпуса машины представляет собой сложную поверхность, изменяющуюся по длине, ширине и высоте. Для ясного и точного представления об обводах машины создается теоретический чертеж¹. За основ-

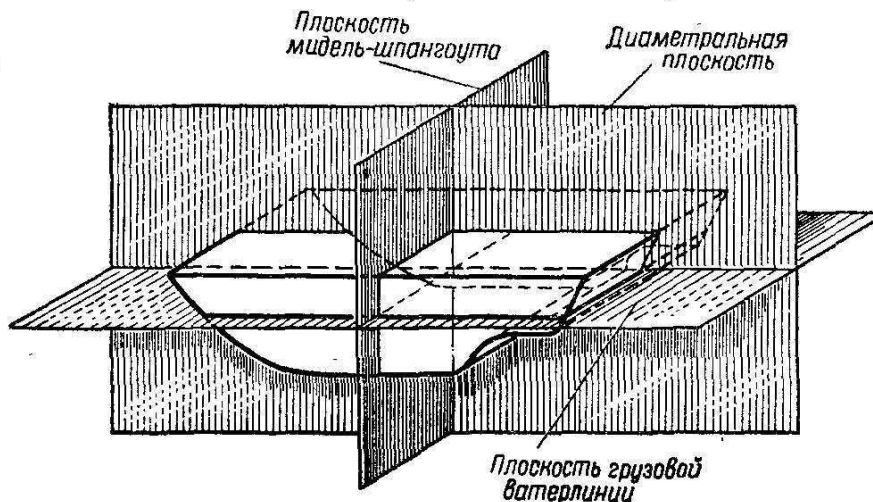


Рис. 2. Основные плоскости проекций теоретического чертежа

ные плоскости проекций теоретического чертежа принимаются следующие три взаимно-перпендикулярные плоскости (рис. 2):

1) **вертикально-продольная плоскость**, идущая вдоль машины посередине ее ширины и разделяющая машину на две симметричные части (правый борт и левый борт); эта плоскость называется **диаметральной плоскостью** и представляет собой плоскость симметрии машины;

2) **вертикально-поперечная плоскость**, проходящая посередине длины машины; эта плоскость называется **плоскостью мидель-шпангоута**²; она делит машину на переднюю (носовую) и заднюю (кормовую) части;

3) **горизонтальная плоскость**, перпендикулярная к первым двум (диаметральной и вертикально-поперечной) пло-

¹ Теоретический чертеж машины является основным чертежом, по которому определяется форма корпуса машины. На теоретическом чертеже корпус машины изображается в трех проекциях.

² М и д е л ь — с р е д н и й, ш п а н г о у т — р е б р о.

скостям и совпадающая с поверхностью воды в спокойном состоянии для нормально загруженной машины; она называется **плоскостью грузовой ватерлинии** (*Г. В. Л.*); эта плоскость делит машину на подводную и надводную части.

Основные размеры (размерения) машины: длина L , ширина B , высота H борта, углубление T и осадка T_0 (рис. 3).

Различают длину L , измеряемую по грузовой ватерлинии, и габаритную длину $L_{гб}$, измеряемую между крайними по длине точками корпуса машины.

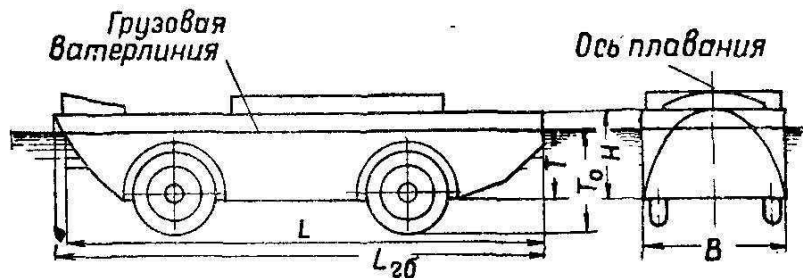


Рис. 3. Основные размеры (размерения) плавающей машины

Ширина B машины измеряется по корпусу на уровне грузовой ватерлинии. Габаритная ширина $B_{гб}$ измеряется между крайними точками машины по ширине.

Углубление T есть величина погружения в воду от *Г.В.Л.* крайних точек корпуса без учета выступающих частей (гусениц, колес, винта, руля и др.).

Осадка T_0 представляет собой величину наибольшего погружения машины с учетом выступающих частей (гусениц, опорных катков, колес, винта, руля и др.). Осадка измеряется посредине длины машины по вертикали у борта от самой нижней плоскости до плоскости грузовой ватерлинии.

При дифференте¹ машины углубление, определяемое в носовой части, обозначается буквами T_n , а углубление на корме — буквами T_k . В этом случае за среднее углубление $T_{ср}$ машины принимается среднее арифметическое носового и кормового углублений, т. е.

$$T_{ср} = \frac{T_n + T_k}{2}.$$

Высота H борта измеряется посредине длины машины по вертикали в плоскости миделя от наружной поверхности днища до плоскости верхней кромки борта.

¹ Дифферентом называются продольные наклонения машины.

Высота надводного борта F определяется разностью между высотой (H) борта и углублением (T):

$$F = H - T.$$

Вертикальная ось, нормальная (перпендикулярная) к плоскости плавания и проходящая через центр тяжести тела, называется **осью плавания**.

Отношения основных размеров корпуса машины $\left(\frac{L}{B}, \frac{B}{T}\right)$ дают представление о ее форме, а следовательно, и о зависящих от формы качественных показателях. Так, например, отношение длины машины к ширине $\left(\frac{L}{B}\right)$ влияет на величину сопротивления машины движению: с увеличением этого отношения сопротивление уменьшается. Отношение ширины машины к углублению $\left(\frac{B}{T}\right)$ характеризует остойчивость машины и, кроме того, влияет на величину сопротивления воды движению машины; с увеличением отношения $\frac{B}{T}$ остойчивость увеличивается.

Грузоподъемностью машины называется способность ее поднять определенное количество груза и погрузиться при этом в воду до грузовой ватерлинии. Грузоподъемность машины равняется разности между полным водоизмещением машины с грузом и водоизмещением порожней машины.

Если машину нагрузить сверх нормы (больше расчетного), она глубже погрузится в воду, но не потеряет плавучести. Плавучесть машины сохраняется до тех пор, пока вода не пойдет через борт внутрь корпуса. Не проницаемый для воды объем корпуса, который расположен выше грузовой ватерлинии, называется **запасом плавучести**. Под запасом плавучести понимают способность машины принять дополнительную нагрузку, оставаясь при этом на поверхности воды — на плаву. Этот объем, кроме основного корпуса, включаются и дополнительные водонепроницаемые надстройки, которые могут при внезапном увеличении осадки, обусловленном приемом груза или повреждением подводной части корпуса, компенсировать потерянную поддерживающую силу. Поэтому всякая плавающая машина должна обладать некоторым надлежащим запасом плавучести, имеющим важное значение. Этот запас зависит от условий плавания и выражается в процентах от нормального водоизмещения.

Допустим, что плавающая машина имеет нормальное водоизмещение 10 т; оставаясь на плаву, она может дополнительно принять 2 т груза. Следовательно, запас плавучести машины в данном случае будет $\frac{2 \times 100}{10} = 20\%$.

Мерой запаса плавучести является высота надводного борта: чем больше эта высота, тем больше и запас плавучести. Однако увеличение высоты надводного борта вызывает повышение центра тяжести машины, а следовательно, ухудшает остойчивость ее.

Величина запаса плавучести машины и необходимая высота ее надводного борта зависят от назначения и размеров машины, от прочности корпуса и некоторых других условий.

Поэтому, определяя запас плавучести, надо, помимо условий безопасности плавания машин, учитывать и другие факторы, анализируя их в каждом конкретном случае.

Во время эксплуатации машин загрузка их не остается постоянной. С изменением загрузки меняется и осадка машины, а следовательно, и ее водоизмещение. Так, при погрузке осадка машины увеличивается, а при разгрузке — уменьшается. Чтобы определить, насколько изменится осадка при погрузке или разгрузке определенного количества груза, необходимо знать, какое количество груза изменяет осадку машины на 1 см. Разделив вес груза (в тоннах) на эту величину, получим величину изменения осадки машины в сантиметрах.

Остойчивость

Кроме плавучести, машина должна обладать остойчивостью. Остойчивостью называется способность машины, выведенной из положения равновесия воздействием внешних сил, вновь возвращаться в положение равновесия после прекращения действия этих внешних сил.

Остойчивость обеспечивает машине возможность войти в воду с креном и дифферентом (рис. 4), плавать на волне, буксировать другую (однотипную) машину. Остойчивость, кроме того, обеспечивает команде возможность перемещаться внутри машины. Машина должна обладать достаточной остойчивостью при плавании как при продольных, так и при поперечных наклонениях, с грузом и без груза.

Придание некоторого дифферента на корму улучшает условия работы гребного винта, уменьшает так называе-

мую «рыскливость» машины — самопроизвольные отклонения от курса. Нос машины при дифференте на корму меньше заливается встречной волной, что позволяет повышать скорость движения. Однако дифферент на корму не должен превышать 2—3°.

Поперечные наклоны машины называются **креном**. При крене один борт всегда выше другого.

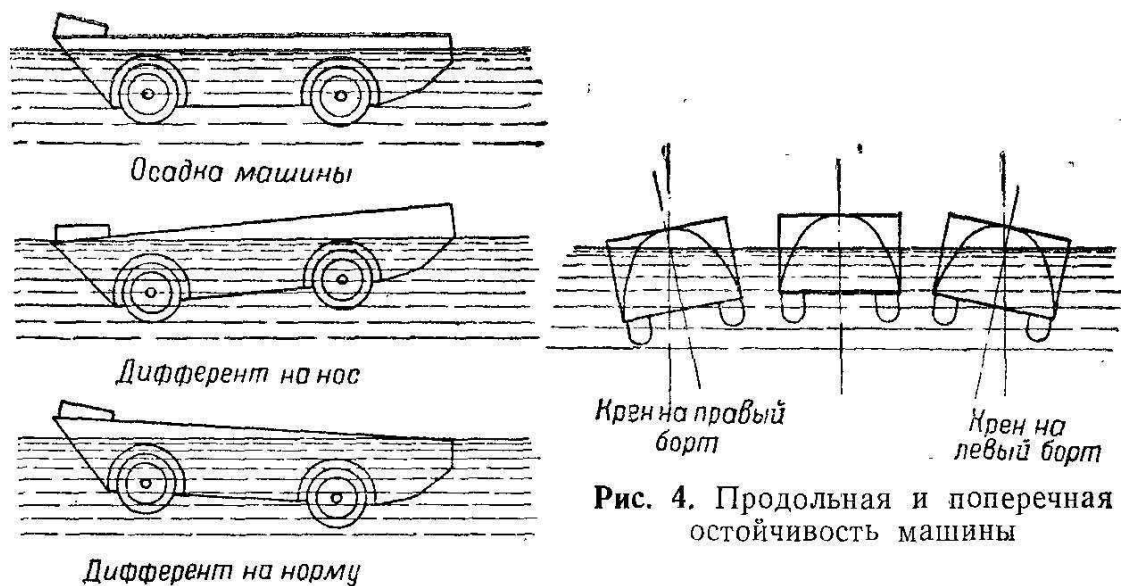


Рис. 4. Продольная и поперечная остойчивость машины

Остойчивость бывает статическая и динамическая. Кроме того, различают остойчивость поперечную и продольную. Остойчивость машины по отношению к крену называется поперечной, а по отношению к дифференту — продольной.

Зависит остойчивость не только от формы корпуса, но и от расположения в нем агрегатов и грузов. Машина, остойчивая при одном размещении грузов, может частично или совсем потерять остойчивость, если часть грузов переместить выше. Следовательно, для оценки остойчивости машины необходимо учитывать не только ее вес и объем, но и расположение центра тяжести по высоте машины.

Известно, что независимо от положения машины на нее действуют две равные и противоположно направленные силы: вес машины (со всеми находящимися на ней грузами) и поддерживающая сила воды. При прямом положении машины обе силы — вес и поддерживающая сила — будут на одной вертикальной прямой. При наклоне на борт центр давления (вследствие изменения формы объема вытесненной телом жидкости) сместится в сторону наклона.