

Ключевые слова: амфибийная машина, движительно-рулевой комплекс, противодесантные заграждения, десантный корабль, плавающая машина.

ВВЕДЕНИЕ

Под управляемостью амфибийной машины (АМ) на плаву понимается ее способность обеспечивать быстрое изменение направления своего движения и способность обеспечивать устойчивое прямолинейное движение без значительных отклонений от заданного курса, при минимальных затратах усилий и внимания механика-водителя.

Управляемость АМ на плаву является одним из важнейших водоходных свойств машины. Оно реализуется во многих процессах применения образца. Например, АМ, используемая в морской пехоте, после входа в воду из десантного корабля должна отойти от него, занять свое место в колонне подразделения и двигаться в его составе к берегу, совершив при этом ряд маневров, связанных с перестроением боевого порядка при достижении подразделения рубежа открытия огня и с подходом к проходам в противодесантных заграждениях (ПДЗ), а также движением по ним.

МЕТОД ОЦЕНКИ УПРАВЛЯЕМОСТИ АМФИБИЙНЫХ МАШИН

на плаву с использованием относительных оценочных показателей

Управляемость на плаву объединяет в себе два частных свойства устойчивость движения на курсе и поворотливость. Следует отметить, что устойчивость движения на прямом курсе находится в некотором противоречии с поворотливостью, так как при хорошей устойчивости на курсе затрудняется изменение направления движения машины и наоборот, при хорошей поворотливости АМ хуже выдерживает заданное направление прямолинейного движения. Для АМ более важным свойством является поворотливость, что обусловлено плаванием на сравнительно небольших по площади акваториях и необходимостью маневрирования. Наиболее высокие требования к АМ по управляемости предъявляются при преодолении прохода в ПДЗ, так как его ширина ограничена (примерно 15 м, [1]), а в процессе движения возможны маневры по обходу различных препятствий (бетонные надолбы, рельсы), не уничтоженных группой разграждения.

Наиболее важными оценочными параметрами поворотливости АМ на плаву являются диаметр установившейся циркуляции D_c и

угловая скорость поворота W , [2]. Для практических целей обычно пользуются диаграммами управляемости, представляющими собой зависимость D_c и W от угла перекадки рулевых устройств при определенной частоте вращения коленчатого вала двигателя, либо от частоты вращения коленчатого вала при разных углах перекадки рулевых устройств.

При использовании для оценки управляемости АМ метода натурных испытаний построение диаграммы управляемости на плаву не представляет особого труда, но если речь идет об оценке управляемости проектируемого образца, для которого такой метод невозможен, то получение диаграммы управляемости расчетным путем вызывает большие затруднения. В настоящее время существуют работоспособные расчетные методики определения поворачивающего момента $M_{пов}$ в функции частоты вращения коленчатого вала двигателя, скорости движения машины, угла перекадки рулевых устройств, но получить расчетом зависимость основных оценочных параметров D_c и W от известного $M_{пов}$ очень сложная и трудоемкая задача.

Однако, к настоящему времени накоплен большой экспериментальный материал по результатам натурных испытаний АМ как на спокойной воде, так и в морских условиях. По всем существующим образцам с различными схемами движительно-рулевых комплексов (ДРК) есть данные о значениях оценочных параметров управляемости на плаву. При таком количестве экспериментальных данных для проведения прогнозных оценок целесообразно воспользоваться относительными параметрами, с помощью которых можно перейти к безразмерным диаграммам управляемости [3]. Эти диаграммы с достаточной степенью точности, позволят прогнозировать значения D_c и W при известном $M_{пов}$ проектируемого образца АМ. С использованием такого метода, оценка управляемости на плаву стала бы менее затратная и более проста.

С целью разработки безразмерной диаграммы управляемости были проанализированы результаты натурных испытаний образцов АМ. При этом основные оценочные параметры поворотливости на плаву были приведены к относительной форме: диаметр установившейся циркуляции D_c представлен в виде относительного диаметра

$$\overline{D} = \frac{D_u}{L}, \quad (1)$$

где L – длина АМ по ватерлинии;
угловая скорость поворота W представлена в
виде относительной скорости поворота

$$\overline{W} = \frac{LW}{V}, \quad (2)$$

где V – скорость входа в поворот;
поворачивающий момент $M_{пов}$ представлен в
виде относительного момента

$$\overline{M} = \frac{M_{пов}}{mL}, \quad (3)$$

где m – вес машины;
скорость входа в поворот V представлена в
виде числа Фруда

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gL}}, \quad (4)$$

где g – ускорение свободного падения.

После расчета относительных параметров поворотливости по ним построена безразмерная диаграмма управляемости АМ (рис. 1). На диаграмме приведены два семейства зависимостей: в верхней части показаны связи между относительным диаметром циркуляции и относительным поворачивающим моментом при различных значениях числа Фруда; в нижней части – зависимость относительной угловой скорости поворота от относительного поворачивающего момента также при различных значениях числа Фруда. Предлагаемая диаграмма позволяет решать практические задачи при проектировании АМ бронетанкового вооружения.

Например, по компоновочным соображениям принято решение о применении на проектируемой машине ДРК конкретной схемы, [4]. По известным формулам для этой схемы выполняется расчет величин $M_{пов}$ для различных частот вращения двигателя и углов перекладки рулевых устройств. Далее по формуле (3) рассчитываются значения относительного поворачивающего момента. Используя эти данные, по безразмерной диаграмме управляемости определяются значения относительных диаметров циркуляции и относительных угловых скоростей поворота, которые по формулам (1), (2) переводятся в абсолютные

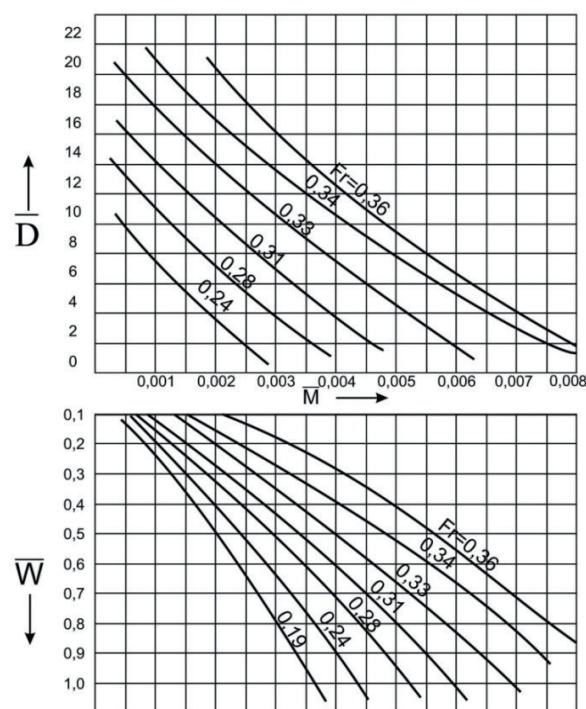


Рисунок 1 - Безразмерная диаграмма управляемости АМ

значения оценочных параметров поворотливости D_u и W . Используя полученные значения можно построить размерную диаграмму управляемости АМ бронетанкового вооружения в функции частоты вращения коленчатого вала двигателя, либо угла перекладки рулевых устройств.

Можно решать и обратную задачу – подбор схемы ДРК для обеспечения проектируемой машины заданных требований по управляемости на плаву. В этом случае задаются требуемыми значениями D_u , W , V и переводят их в относительные параметры по формулам (1), (2), (4). За тем по безразмерной диаграмме управляемости определяют значение относительного поворачивающего момента и по формуле (3) вычисляют его абсолютное значение. Исходя из компоновочных соображений подбирают конкретную схему ДРК с целью обеспечения АМ требуемого значения $M_{пов}$. При значительном отличии значений $M_{пов}$, найденных из условия обеспечения заданных D_u или W , обычно принимают решение исходя из назначения и предполагаемых условий эксплуатации машины, отдавая приоритет обеспечению либо требуемого диаметра циркуляции, либо требуемой угловой скорости поворота. Для грузовых морских амфибий, например, очень важна угловая скорость поворота при входе в прибойную зону при вол-

нении 3 балла и выше, диаметр циркуляции менее важен. Для боевых же АМ, как правило, приоритетным является обеспечение заданного диаметра циркуляции.

Итак, рассмотрим пример выбора рациональной схемы ДРК (обратная задача) для конкретной машины с использованием предложенного метода. В качестве исследуемого образца выберем БМП-3 – наиболее современную отечественную боевую АМ, [5]. Машина имеет два водометных движителя со шнековыми рабочими колесами насосов. Расположение водометов – корпусное с входным отверстием в днище и выходным – в нижней части кормового листа. Привод водометов независимый, отбор мощности осуществляется от выходной шестерни реверса. Поворот на плаву обеспечивается за счет частичного или полного закрытия одной из заслонок водоме-

тов. При полном закрытии заслонки поворачивающий момент определяется по формуле:

$$M_{пов} = 0,5BP, \quad (5)$$

где В – расстояние между центрами выходных отверстий водометов, м;

Р – сила тяги одного водомета, Н.

Остальные исходные данные для оценки приведены в (табл. 1), [6].

Допустим, заказчику необходимо подобрать ДРК для БМП-3 с улучшенной управляемостью на плаву, так как предполагается использовать машину в морской пехоте, а при преодолении ПДЗ на подходе к берегу такой машине необходимо быть очень маневренной, поэтому диаметр циркуляции при стандартной схеме ДРК ($D_{ц} = 14$ м) не удовлетворяет заказчика.

Таблица 1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ УПРАВЛЯЕМОСТИ БМП-3

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Значение параметра
Масса машины	m	кг	18700
Длина по ватерлинии	L	м	6,78
Ширина по ватерлинии	Bм	м	3,2
Расстояние между центрами выходных сопел водометов	B	м	2,8
Скорость входа в поворот	V	км/ч	10
Диаметр циркуляции на максимальной скорости	Dц	м	14
Сила тяги водометов	P	кН	13,6

Последовательность решения:

1. Зададимся требуемым значением диаметра циркуляции БМП-3 (значение угловой скорости поворота W является второстепенным, поэтому его в расчет не берем). Примем $D_{ц} = 10$ м.

2. Вычисляем значения числа Фруда и относительного диаметра циркуляции по формулам (4) и (1) соответственно. Получаем следующие значения: $Fr = 0,34$; $\bar{D} = 1,47$.

3. Используя верхний квадрант безразмерной диаграммы управляемости (рис. 1) проводим горизонтальную линию из значения 1,47

до пересечения с кривой числа Фруда 0,34 и из точки пересечения опускаем перпендикуляр на ось абсцисс. Находим значение относительного поворачивающего момента, равное $\bar{M} = 0,008$. С использованием формулы (3) вычисляем значение абсолютного поворачивающего момента $M_{пов} = 10143$ Нм.

4. По формуле (5) определяем требуемое значение силы тяги одного водомета $P = 7245$ Н. Это значение позволит БМП-3 обеспечить диаметр циркуляции $D_{ц} = 10$ м без изменения схемы ДРК.

Таким образом, для обеспечения боевой машины пехоты повышенной управляемости на плаву без изменения схемы ДРК необходимо установить на машину более мощные водометы, создающие суммарную тягу на плаву 14,49 кН вместо 13,6 кН серийной машины, [7]. Водометы с увеличенной тягой потребуют больших габаритов и, как следствие, изменения компоновки моторно-трансмиссионного отделения машины. Так как компоновка моторно-трансмиссионного отделения у БМП-3 очень плотная, для существующей машины изменить её очень сложно – это слишком затратный путь.

Можно иначе добиться увеличения поворачивающего момента. При этом не нужно менять габариты и конструкцию водометов машины, а также компоновку её моторно-трансмиссионного отделения. Предлагается несколько изменить схему ДРК машины, выполнив в бортах каналы заднего хода. На БМП-3 это вполне реально (рис. 2).

Тогда значение требуемого поворачивающего момента определяется по формуле (5):

$$M_{пов} = 0,5 \times 2,8 \times 7275 = 10185 \text{ Нм}$$

При выполнении этого условия, не изменяя силы тяги водометов и их конструкции, можно получить поворачивающий момент, равный $M_{пов} = 10185 \text{ Нм}$, [8] что приведет к повышению поворотливости БМП-3 на плаву – диаметр циркуляции этой машины уменьшится с 14 м до 9,8 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В работе приведена расчетная методика оценки управляемости АМ БТВ на плаву. Методика основана на использовании экспериментального материала натурных испытаний плавающих машин. Используется переход к относительным оценочным параметрам управляемости, зависимость которых друг от друга представлена в виде безразмерной диаграммы управляемости на плаву. Безразмерная диаграмма позволяет проводить оценку управляемости и выбирать схемы ДРК для проектируемых образцов машин.

2. С использованием данной методики проведена оценка управляемости на плаву БМП-3. Установлено, что существующая схема ДРК этой машины не позволяет повысить управляемость без значительного увеличения габаритов водометов и компоновочных изменений. Предложен вариант ДРК с каналами задне-

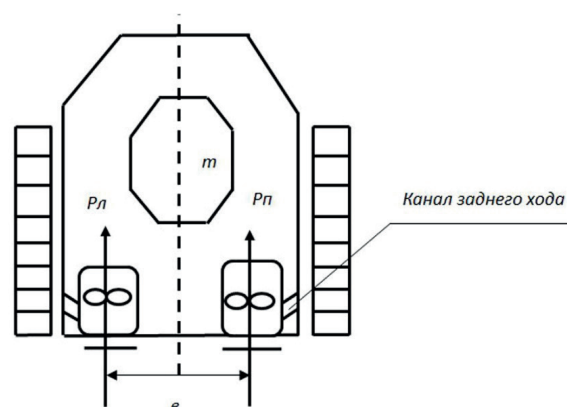


Рис. 2. Схема ДРК БМП-3

го хода. Применение такой схемы позволяет уменьшить диаметр циркуляции машины с 14 до 9,8 м практически не меняя компоновки моторно-трансмиссионного отделения.

3. Предложенная методика оценки управляемости АМ является новой и требует дальнейшей проверки ее достоверности на других, в том числе и новых образцах АМ. Данная методика значительно проще по сравнению с другими существующими расчетными методами оценки управляемости на плаву.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция боевой плавающей машины морской пехоты [шифр «Концепция»]: отчет о НИР (заключ.): 35-37 / Омский танковый инженерный институт; рук. О.А. Серяков; исполн.: В.В. Васильев [и др.], 2010. – 100 с. – Библиогр.: с. 96-98. - № ГР 62311303762. - Инв. № 2519.
2. Исследование процессов управляемости на плаву и выбора движительно-рулевых комплексов плавающих машин бронетанкового вооружения [шифр «Маневр-0-14»]: отчет о НИР (заключ.): 48-50 / Омский автобронетанковый инженерный институт; рук. О.А. Серяков; исполн.: С.М. Потехин [и др.], 2015. – 96 с. – Библиогр.: с. 91-92. - № ГР 62343876281. - Инв. № 60404.
3. Васильев, В. В. Конструкция военных гусеничных машин : учебное пособие / В.В. Васильев. – 3-е изд.; ОАБИИ. – Омск: ОАБИИ, 2013. – 436 с.
4. Потехин, С. М., Конструкция боевой машины пехоты (БМП-3): учебное пособие / С. М. Потехин, Л. В. Малых, А. Н. Фуенок; ОАБИИ. – Омск : ОАБИИ, 2016. – 96 с.
5. Многоосные автомобили: теория общих конструктивных решений / П. В. Аксенов и др. – М. : Машиностроение, 1980. - 207 с.

6. Движительно-рулевые комплексы плавающих машин БТBT [шифр «Циркуляция-1»]: отчет о НИР (заключ.): 52-53 / Омский танковый инженерный институт; рук. О.А. Серяков; исполн.: А.Н. Феденок [и др.], 2005. – 69 с. – Библиогр.: с. 89-9. – № ГР 62311303776. – Инв. № 2106.

7. Бурьян, А. А. Боевая машина пехоты БМП-3 : учебное пособие / А. А. Бурьян – 3-е изд.; ОТИИ. – Омск : ОТИИ, 2000. – 92 с.

8. Степанов А. П. Проектирование амфибийных машин / А. П. Степанов. – М.: Мегалион, 2007. – 420 с.

OTSENA AMPHIBIAN OF CONTROL MACHINES USING AFLOAT ON PERFORMANCE INDICATORS

Annotation. The article describes the method of estimating handling floating vehicles armored afloat. Use a transition to relative valuation indicators of control (circulation diameter, the angular rotation speed) on the design and power parameters of the machine and its floating the propulsion, the dependence of which from each other is represented by a dimensionless handling chart. This chart allows you to evaluate and select the handling circuit propulsion and steering systems designed for floating sample machines.

Keywords: amphibious vehicle, propulsion and steering system, anti-landing obstacles, landing craft, amphibious vehicle.

REFERENCES

1. The concept of floating combat Marine Engines [code “concept”]: a research report (concluded.): 35-37 / Omsk Tank Engineering Institute; hands. OA Seryakov; executes.: VV Vasiliev [et al.], 2010. – 100 p. – Bibliogr.: p. 96-98. – № GN 62311303762. Inv. Number 2519.

2. Investigation handling processes afloat and selecting the propulsion floating armored vehicles [cipher “maneuver-0-14”]: a research report (concluded.): 48-50 / Omsk Tank-Automotive Engineering Institute; hands. OA Seryakov; executes.: SM Potekhin [et al.], 2015. – 96 p. – Bibliogr.: p. 91-92. – № GN 62343876281. Inv. Number 60404.

3. Vasiliev VV Design military tracked vehicles: Textbook / V. Vasiliev. – 3rd ed.; OABII. – Omsk: OABII, 2013. – 436 p.

4. Potekhin SM, design infantry fighting vehicles (BMP-3): a tutorial / SM Potekhin, L. Small, AN Fuenok; OABII. – Omsk: OABII, 2016. – 96 p.

5. Multi-axle vehicles: the general theory of constructive solutions / PV Aksenov et al - M.: Engineering, 1980. – 207 p..

6. Propulsion and steering system of floating machines AVA [cipher “Circulation-1”]: a research report (concluded.): 52-53 / Omsk Tank Engineering Institute; hands. OA Seryakov; executes.: AN Fedenok [et al.], 2005. – 69 p. – Bibliogr.: p. 89-9. – № GN 62311303776. Inv.

Number 2106.

7. Burian A. Infantry fighting vehicle BMP-3: Textbook / AA Burian - 3rd ed.; OTII. – Omsk: OTII, 2000. – 92 p.

8. Stepanov AP Design amphibious vehicles / AP Stepanov - M.: MEGALION, 2007. – 420 p.

Серяков Олег Александрович (Россия, г. Омск) – профессор 3 кафедры (боевых гусеничных колесных машин и военных автомобилей) Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/г).

Зиновьев Сергей Сергеевич (Россия, г. Омск) – адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/г, sergej_zinovev_82@mail.ru).

Манзин Максим Юрьевич (Россия, г. Омск) – адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/г, ymmanzini55@mail.ru).

Seryakov Oleg Aleksandrovich (Russia, Omsk) – Professor at the 3rd department (Combat track-laying and military vehicles) of Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g).

Zinoviev Sergey Sergeevich (Russia, Omsk) – postgraduate student of the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g, sergej_zinovev_82@mail.ru).

Manzin Maxim Yar'evich (Russia, Omsk) – postgraduate student of the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g, ymmanzini55@mail.ru)