

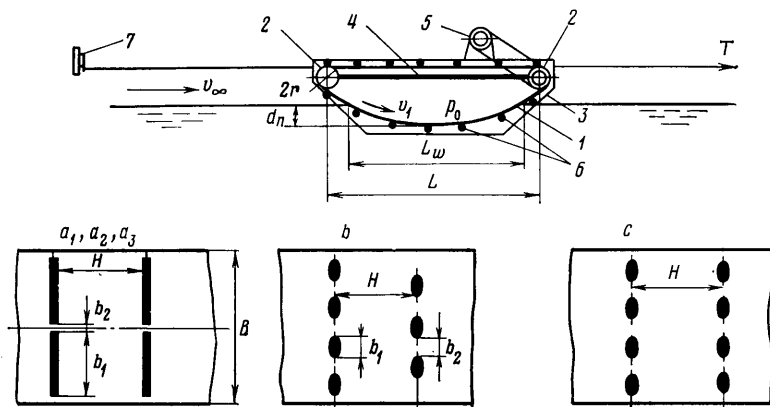
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУХООПОРНЫХ ГУСЕНИЦ

АЗОВЦЕВ А. И., САМСОНОВ С. В.

Излагаются результаты экспериментальных исследований гидродинамических характеристик воздухоопорных гусениц, используемых в качестве движителей плавсредств.

В настоящее время ведутся исследования, направленные на улучшение пропульсивных качеств морских судов за счет использования в качестве движителя подвижного участка смоченной поверхности – воздухоопорной гусеницы [1].

Схема модели воздухоопорной гусеницы и установки для ее испытания показана на фиг. 1. Воздухоопорная гусеница образуется за счет избытка длины широкой эластичной ленты 1, которая подобно транспортной заведена на два привод-



Фиг. 1

ных ролика 2 с горизонтальными осями, и поддерживаемого внутри полости, ограждаемой этой лентой, избыточного давления воздуха p_0 . Бортовые ограждения полости избыточного давления выполняются в виде узких корпусов – skeгов с плоскими внутренними поверхностями 3. Горизонтальная перегородка 4, устанавливаемая между приводными роликами, предотвращает вышучивание верхней ветви гусеницы. Погруженная выпуклая часть гусеницы совместно со skeгами обеспечивает плавучесть и остойчивость, а прижатие ленты к роликам, как показано в [2], позволяет осуществить фрикционный привод от двигателя 5. На наружной поверхности воздухоопорной гусеницы устанавливаются гребные плицы 6.

В такой компоновке воздухоопорная гусеница является подвижной обшивкой надувного корпуса, на смоченной поверхности которой создается необходимая для движения тяга.

Необходимая плавучесть гусеницы обеспечивается погружением в воду выпуклой ее части. Для этого избыточное давление

$$p_0 > \rho g d_M + Q_M / \gamma_M$$

Здесь ρ – массовая плотность воды; g – ускорение свободного падения; Q_M – погонное натяжение в нижней точке гусеничной ленты; d_M , γ_M – заглубление (осадка) нижней точки гусеницы и радиус кривизны ленты в этой точке соответственно. Превышение p_0 над правой частью неравенства необходимо для заглубления плавучих объемов плиц, входных каверн, для сохранения выпуклости ленты в носовой части, где значительно воздействует набегающего потока.

Экспериментально определены следующие характеристики воздухоопорной гусеницы как движителя: коэффициент остаточного сопротивления $c_0 = 2(R_0 - R_f) / \rho v_\infty^2 b L_w$; поступь гусеницы $\lambda = v_\infty / v_{10}$; коэффициент тяги $c_T = 2T_1 / \rho v_\infty^2 B L_w$. Эти характеристики исследовались в зависимости от относительных скоростей потока $F = v_\infty / \sqrt{g L_w}$ и гусеницы $F_1 = v_1 / \sqrt{g L_w}$ для гусениц с различными геометрическими параметрами плиц в диапазоне изменения внутреннего давления 0,5–1,0 кПа.

Здесь L_w , B , V_1 – длина ватерлинии, ширина и скорость гусеницы; v_{10} – скорость гусеницы, необходимая для движения модели со скоростью v_∞ ; R_0 – сопротивление модели при $v_1 = v_\infty$; R_f – сопротивление трения skeгов; T_1 – тяга, развиваемая гусеницей при $v_\infty = 0$.

Сопротивление трения скегов рассчитывалось по формуле

$$R_f = 0,5c_f \rho v_\infty^2 S, \quad c_f = \frac{0,075}{(\lg \text{Re} - 2)^2}$$

где c_f — коэффициент трения эквивалентной гладкой пластины; S — площадь смоченной поверхности скегов; $\text{Re} = v_\infty L_w / \nu$ — число Рейнольдса; ν — кинематическая вязкость воды.

Экспериментальные исследования гидродинамических характеристик воздухоопорного гусеничного движителя проведены в гидроканале Института механики МГУ. Испытаны две модели. Модель 1 имела водоизмещающие скеги, позволявшие ей находиться на плаву при отсутствии подачи воздуха во внутреннюю полость гусеницы. Модель 2 имела скеги в виде пластин и подвешивалась к тележке, перемещавшейся по рельсам гидроканала. Основные конструктивные параметры моделей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Модель	L , м	B , м	L_w , м	r , м	d_M , м	p_0 , кПа	Приводной ролик
1	1,0	0,8	0,9	0,05	0,045	0,4–0,9	Кормовой Носовой
2	1,25	0,9	1,1	0,075	0,065	0,6–1,0	

Таблица 2

Модель	Вид гусеницы	D , мм	H , мм	b_1 , мм	b_2 , мм
1	c	40	100	100	50
2	a_1	20	100	400	45
2	a_2	20	200	400	45
2	a_3	20	400	400	45
2	b	40	200	100	100
2	c	40	400	100	100

Сила, действовавшая со стороны потока на модель, измерялась тензодинамометром 7 (фиг. 1), показания которого записывались на осциллографе. Для записи тяги, когда упор движителя превышал сопротивление модели, в схеме установки предусматривался противовес. Скорость потока в канале $v_R = v_\infty$ изменялась в пределах 0,4–1,6 м/с. На фиг. 1 показаны виды испытанных гусениц, геометрические параметры которых даны в табл. 2. Плицы гусениц a_1 , a_2 , a_3 имели квадратное сечение, b и c — круглое.

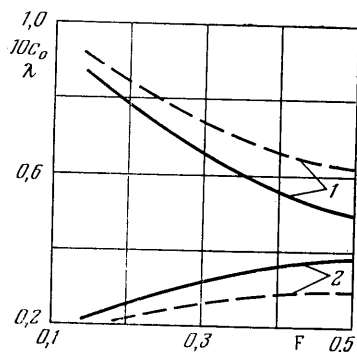
Во время испытаний было замечено, что вход плицы в воду сопровождается образованием входной каверны, объем которой зависит от высоты плицы D и разности скоростей гусеницы и потока и может в несколько раз превышать объем плицы. По мере дальнейшего движения граница каверны разрушается и под гусеницей образуется водовоздушная пена. При ударном входе плицы в воду брызгообразование незначительно, поскольку основной поток брызг перекрывается последующими плицами. При выходе плиц из воды брызгообразование более значительно.

На основании проведенных испытаний с моделями определена слабая зависимость гидродинамических характеристик от давления p_0 в исследованном диапазоне давлений. Это объясняется малым влиянием на форму смоченного участка воздухоопорной гусеницы в принятом диапазоне давлений. Поступь λ зависит как от сопротивления скегов, так и от волнового сопротивления плав средства в целом, определяемых относительной скоростью потока F . Воздухоопорный гусеничный движитель имеет тяговые характеристики, приемлемые для создания буксировщиков на воздухоопорных гусеницах. Величина тяги в значительной мере зависит от размеров и взаимного расположения плиц гусеницы.

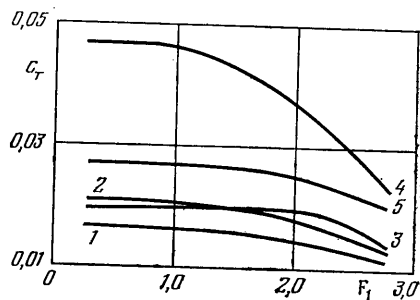
На фиг. 2 представлена зависимость поступи λ и коэффициента остаточного сопротивления c_0 для модели 1 (сплошные линии) и модели 2 — гусеница c (штриховые линии) от относительной скорости потока F . Кривые 1 соответствуют значениям λ , кривые 2 — c_0 . При увеличении F значения λ монотонно падают, а c_0 — возрастают. Из-за наличия водоизмещающих скегов, имеющих собственное сопротивление, превышающее сопротивление скеговых пластин, модель 1 имеет соответственно большее значения c_0 и меньшие значения λ . Следует отметить, что для модели 2 значение c_0 не зависит от вида испытываемой гусеницы.

На фиг. 3 показана зависимость коэффициента тяги c_T при $v_\infty = 0$ от относительной скорости гусеницы F_1 для модели 2 с различными видами гусениц. Кри-

вые 1-5 соответствуют гусеницам a_1, a_2, a_3, b, c . Характер зависимости c_T от F_1 сходен для всех гусениц (за исключением a_1) — существует зона малых относительных скоростей гусеницы, где коэффициент тяги остается постоянным, при дальнейшем увеличении F_1 значения c_T монотонно падают. У гусеницы a_1 , c_T монотонно падает во всем диапазоне изменения F_1 . У однотипных гусениц a_1, a_2, a_3 , имеющих сплошные реечные плицы во всю ширину гусеничной ленты с относительным шагом соответственно 5, 10, 20 (относительный шаг плиц равен отношению шага плиц к их высоте), при малых F_1 наибольшее значение c_T соответствует гусенице a_2 , однако падение значений c_T у a_2 начинается при меньших, чем у a_3 , значениях F_1 . Гусеницы b и c с плицами в виде коротких цилиндров за счет захвата меньшего количества воздуха при входе в воду и большей собственной высоты



Фиг. 2



Фиг. 3

имеют более высокие значения c_T , чем гусеницы со сплошными реечными плицами. Полученные гидродинамические характеристики воздухоопорных гусениц позволяют на этапе предварительного проектирования плавсредства с воздухоопорным гусеничным двигателем оценить ходкость и буксировочную способность, если его гусеница по геометрическим параметрам подобна испытанным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азовцев А. И. Анализ возможностей применения гусеничных двигателей на морских и речных судах.— В кн.: Науч. тр. Дальневосточного высш. инж. морск. училища. Вып. 7. Владивосток, 1970, с. 3-9.
2. Азовцев А. И., Самсонов С. В. Уравнения плавучести и продольной остойчивости воздухоопорной гусеницы.— В кн.: Сообщения Дальневосточного высш. инж. морск. училища по судовым мягким оболочкам. Владивосток, 1979 г., вып. 37, с. 21-27.

Владивосток

Поступила в редакцию
4.III.1985.

УДК 532.92

МЕТОД УЗКИХ ПОЛОС ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ ЖИДКОСТИ

ЯКИМОВ А. Ю.

Рассматривается плоское стационарное течение идеальной несжимаемой стратифицированной жидкости в поле силы тяжести. Характерной особенностью этих течений является постоянство плотности и постоянной Бернулли вдоль линии тока. Из-за весомости в стратифицированной жидкости возникают внутренние волны, которые не связаны с наличием свободной поверхности. Эти волновые движения подробно изучены в линейной постановке, однако течения типа уединенной волны могут быть описаны только нелинейными уравнениями.

Стратификация может быть непрерывной или ступенчатой. В последнем случае внутри некоторых слоев конечной толщины плотность и постоянная Бернулли не меняются и, следовательно, внутри них течение потенциально, а переменная завихренность сосредоточена на границе слоев. В этом случае, если существует кон-