

Прорыв в области внедорожного амфибийного транспорта

А. И. АЗОВЦЕВ, докт. техн. наук, профессор, начальник кафедры теории и устройства судна, **С. А. ОГАЙ**, канд. техн. наук, профессор, ректор, **О. В. МОСКАЛЕНКО**, мл. науч. сотрудник НИИ Морского транспорта (Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского)



Для разгрузки судов на необорудованный берег и транспортно-технологических операций при комплексном освоении шельфа и побережья предлагается создавать универсальные мореходные вездеходы на воздухоопорных гусеницах.

Многолетние поисковые исследования воздухоопорных гусениц и транспортных средств с их применением, проводимые в МГУ им. адмирала Г. И. Невельского, были оценены как разработка нового принципа движения — на воздухоопорных гусеницах (ВГ). Исследования инициировались Минтранс России с целью разработки мореходных амфибийных вездеходов для разгрузки судов на необорудованный берег Арктики и Дальнего Востока.

Гусеница выполняется из широкой транспортной ленты с легкими наддувными грунтозацепами (плищами) на ее внешней поверхности. Лента заведена на приводные барабаны столь большого диаметра, что во внутренней ее полости размещается понтон с механическим оборудованием. Под днищем понтона создается воздушная подушка,

опирающаяся на нижнюю ветвь гусеницы. Между двумя такими гусеницами расположена грузовая платформа. Равномерно распределенное давление на грунт позволяет обеспечить грузоподъемность до 60 т при щадящем воздействии на грунт тундры.

Предварительные испытания самоходного макета в масштабе 1 : 4 показали, что:

- воздухоопорные гусеницы являются плавучим амфибийным вездеходным движителем, плавучесть которого соизмерима с опорной реакцией на грунт;
- обеспечивается мореходность на волнении до 4 баллов включительно, в том числе и в прибойной полосе;
- транспортное средство надежно работает в битом льду с обеспечением выхода на лед, при ходе одной гусеницей по льду, другой — по воде;

- плавно преодолеваются препятствия типа уступов и рвов, выполняется подъем на затяжные уклоны при наличии бокового уклона;
- высокая плавность хода на наледях, валунах, кочках и мелких торосах позволяет развивать скорость 30–40 км/ч на таком бездорожье;
- снега и болота любой категории преодолеваются надежно.

Для практической реализации достигнутых показателей в 2010 г. Минпромторг России начал финансирование государственного контракта «Разработка технических предложений и формирование облика мореходных транспортных средств на воздухоопорных гусеницах для комплексного освоения побережья и замерзающего шельфа» по федеральной целевой программе «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг.

В теоретических и экспериментальных исследованиях реализовано движение обшивки судна по направлению вектора скорости набегающего потока. Этот эффективный метод снижения сопротивления воды движению судна оказался удобоприменимым в форме воздухоопорных гусениц.

Испытания моделей ВГ позволили накопить материал для оценки эффективности и потребной мощности такого движения [1]. Стадия поисковых исследований убедительно доказала рациональность создания мореходных вездеходов для транспортных и транспортно-технологических операций в условиях необорудованного побережья Арктики и Дальнего Востока.

Было установлено, что:

- необходимо обеспечить безопасную погрузку грузов у борта судна при волнении 3–4 балла, в битом льду, на припайной или плавающей льдине;
- необходимо обеспечить мореходность 4 балла, проходимость в битом льду, плавность хода на льду с торосами, проходимость по заснеженному льду, безопасный сход с припайного льда в воду или в битый лед, надежный выход из воды на лед, устойчивое движе-

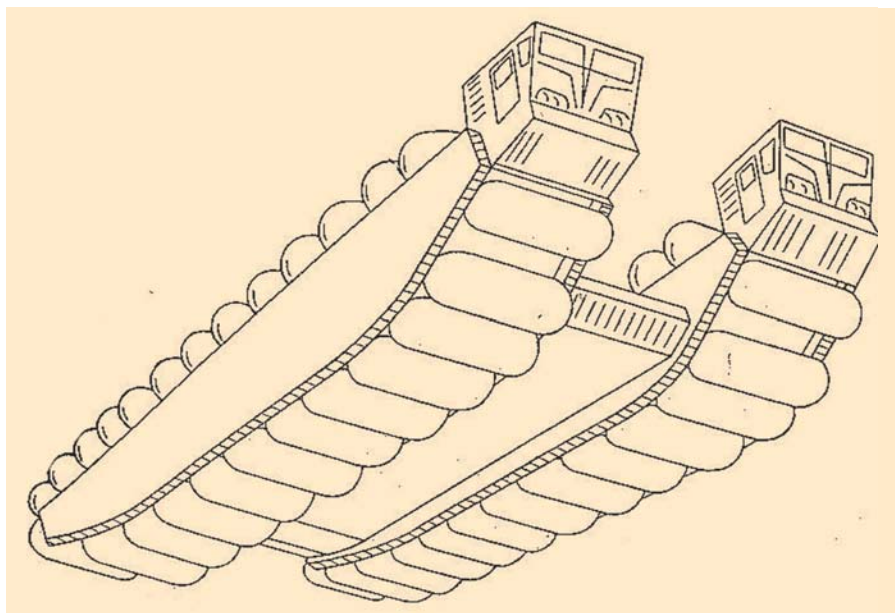


Рис. 1. Облик мореходного вездехода ТСВГ-60

ние одним бортом по льду, другим — по воде, преодоление прибойной полосы и выход на берег при волнении 4 балла;

- для сохранности груза качка в море должна быть плавной, недопустимо интенсивное заливание и обмерзание (обледенение) груза;

- в береговых условиях необходимо преодоление уклонов в полном грузу до 20°;

- при движении по травянистой тундре требуется сохранность дернины на пересеченной местности;

- необходимо обеспечить устойчивое движение при боковом уклоне до 10°, движение по тонкому разрушающемуся льду замерзающих рек и озер, по разрушающемуся льду весной;

- торосы и валуны высотой до 0,5 м должны преодолеваются без значительного снижения скорости, препятствия высотой до 1 м и рвы (трещины) шириной до 3 м — на предельно малой скорости.

Такой транспорт целесообразно использовать для обслуживания буровых установок и плантаций марикуйгуры, для комплексной геологоразведки на мелководье шельфа и на побережье, для вывоза леса и минерального сырья, в прибрежном промысле рыбы и морепродуктов, при сборе штормовых выбросов, в спасательных работах, в рамках регулярного транспортного обслуживания коренного населения тундры и лесотундры.

На рис. 1 представлен облик мореходного вездехода ТСВГ-60 грузоподъемностью 60 т.

Для перевозки труб в плетях торцы грузовой платформы открыты. Заливаемость исключена подъемом платформ над уровнем воды во всех режимах эксплуатации. Предусмотрена установка трех контейнеров ИСО 1СС и 1С. Разработано устройство для самовыгрузки контейнеров и длинномеров.

Бортовые ограждения ВП выполнены в виде жестких скегов, имеющих плоские вертикальные стенки. Подъем полозьев над грунтом (клиренс) обеспечивается назначением высоты деформированных плит как суммы клиренса и расстояния от нижней ветви гусеничного обвода до полоза при проектной посадке на твердом грунте.

В отличие от судов на воздушной подушке (СВП) для ТСВГ при той же грузоподъемности используется значительно большее избыточное давление в воздушной подушке при существенно меньшем расходе воздуха.

Задачи теории проектирования, расчета ТСВГ на плаву и на грунте, удовлет-

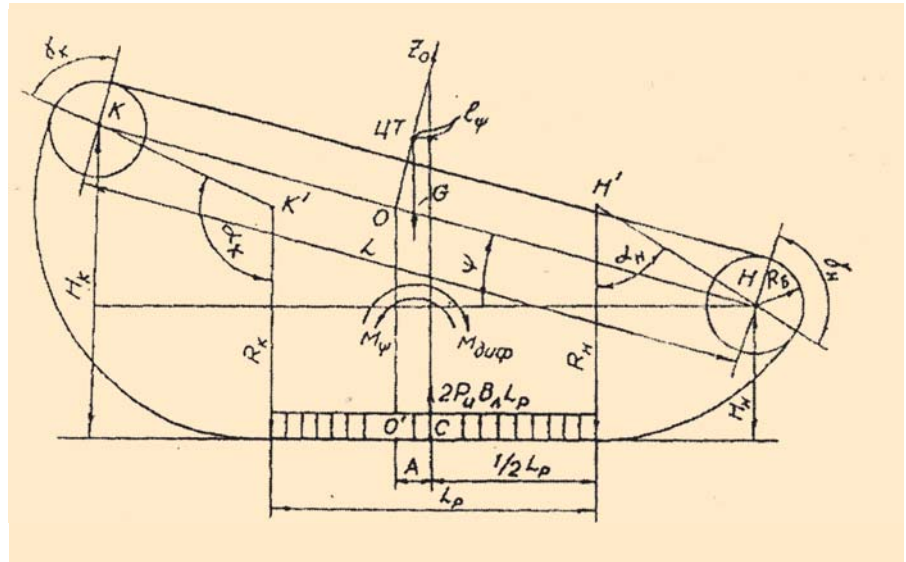


Рис. 2. Схема возникновения продольного восстанавливающего момента

ворения норм при проектировании решены с использованием элементов погруженного объема и формы контактного пятна на грунте. Расчет формы ВГ стал решающей проблемой многих задач.

Надежную универсальную гусеницу удастся получить только при пологой ее форме в бесконтактном режиме. Это плодотворный компромисс в разрешении противоречия между требованиями задач поддержания, экологичности и задачами остойчивости, тяговой способности узла «барaban — лента». Дифференциальное уравнение батокса представлено из условия равновесия элемента гусеничной ленты единичной ширины:

$$T = \frac{(P_n + G_0 \cos \alpha) \left[1 + \left(\frac{dx}{dz} \right)^2 \right]^{3/2}}{\frac{d^2 x}{dz^2}},$$

где T — погонное натяжение в ленте ВГ; P_n — нормальное давление на элемент гусеничной ленты; G_0 — вес единицы площади ВГ; α — угол наклона элемента батокса к горизонту.

Для упрощения задач теории и проектирования ТСВГ постель из пневмоплиц между лентой ВГ и грунтом заменяется континуумом, который наделяется свойствами удерживать гусеничную ленту над грунтом на высоте, равной высоте деформированной плиты.

На рис. 2 дана схема возникновения продольного восстанавливающего момента M_ψ при наклонении на угол ψ под действием дифференцирующего момента M_{diff} . Момент, восстанавливающий M_ψ , определяется как момент пары сил: сила веса G приложена в центре

тяжести ЦТ, сила поддержания — в центре контактного пятна C . Расстояния между линиями действия этих сил l_ψ — плечо продольной статической остойчивости.

Движение на воздухоопорных гусеницах как новый принцип движения может получить право на распространение только при обеспечении поперечной остойчивости. Поперечная остойчивость как фундаментальное эксплуатационное качество ТСВГ изучена применительно к различным стадиям проектирования, конструктивно-компоновочным решениям, эксплуатационным ситуациям.

На ранних стадиях проектирования оценку мощности приближенно получили на основе безразмерных гидродинамических характеристик, выявленных при испытаниях моделей.

Для включения геометрических параметров ВГ в систему автоматизированного проектирования из множества геометрических параметров ВГ выделены необходимые для оценки ее работоспособности, которая в значительной степени определяется взаимным положением гусеничной ленты, пневмоплиц, приводных барабанов, полозьев скегов, внутrigусеничного понтона. Разработана совмещенная схема воздухоопорной гусеницы и скега (рис. 3) [2].

Выявленное при расчете мощное демпфирование вертикальной и бортовой качки подтверждено экспериментом. Ускорения при наезде на выступ или ров в несколько раз меньше, чем этот же параметр у тяжелых гусеничных машин. Выводы о высокой плавности хода подтверждены испытаниями крупномасштабной модели, что дает основание рекомендовать скорость

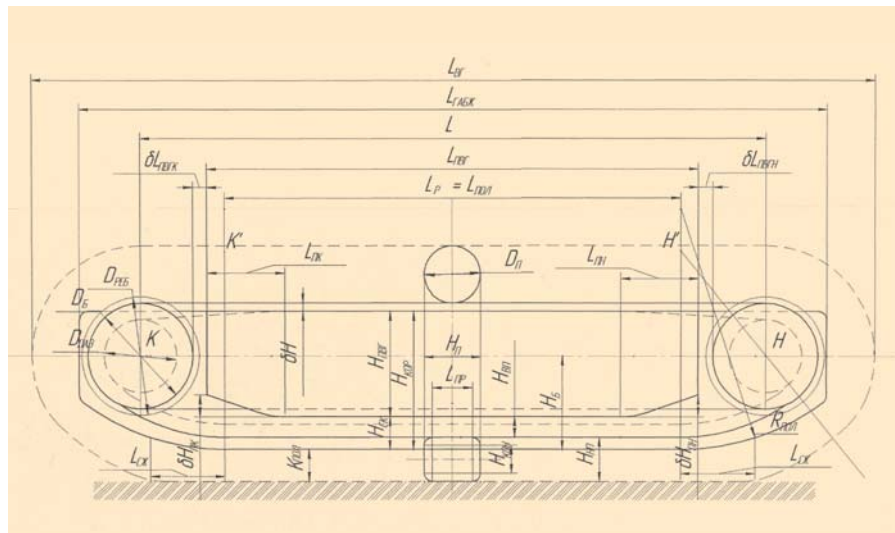


Рис. 3. Совмещенная схема воздухоопорной гусеницы и скега

хода на малых торосах и валунах до 30–40 км/ч.

В комплексе технических показателей ТСВГ особенно высокую оценку получает их экологичность. Разработан алгоритм выбора параметров на начальных стадиях проектирования, в основе которого лежит сложившийся приоритет щадящего воздействия на грунт [3].

Институт комплексных транспортных проблем (ИКТП) при Госплане СССР в 1990 г. опубликовал требования к типажам наземных амфибийных внедорожных транспортных средств [4], где на перспективу были определены допустимые нагрузки на грунт 18–30 кПа. При этом несущая способность переувлажненной тундры оценивалась в 10–15 кПа.

ТСВГ при больших площадях опорной поверхности гусениц прижимают гусеницы к грунту воздушной подушкой. Такое идеально равномерное распределение давления по площади опи-

рания не создает концентрации нагрузок, свойственной катковому опиранию на гусеницу.

При проявлении признаков повреждений грунта экологичность вездеходов обеспечивается в летнее время снижением грузоподъемности и соответствующим снижением избыточного давления в воздушной подушке воздухоопорной гусеницы.

Для разгрузки судов в Арктике с выходом в тундру и для работы по освоению северных месторождений выполнены оценки параметров вездеходов грузоподъемностью 60 т при давлении в гусенице 24 кПа.

Проект вездехода с грузовой платформой, размеры которой соответствуют размерам открытой железнодорожной платформы, при приспособленности для размещения грузов по массе порожнем превзошел грузоподъемность судовых устройств, что снижает возможность доставки вездеходов на палубе судна.

Путем оптимизационных разработок удалось обеспечить размещение трех двадцатифутовых контейнеров на грузовой платформе. Разработан спредер для погрузки контейнеров, расположенный над грузовой платформой. Масса вездехода порожнем не превышает 40 т, что позволит доставлять его к месту эксплуатации на палубе судна.

Проектное обоснование намечено дополнить испытаниями самоходного макета в масштабе 1 : 3, проект которого разработан и изготавливается силами университета. Масштаб моделирования позволяет использовать автомобильные двигатели для обеспечения значительного запаса мощности. Это даст возможность проверить гипотезы высокой мореходности на встречном волнении и пропульсивных преимуществ в сравнении с амфибийными судами на воздушной подушке.

Министерство экономического развития и Министерство регионального развития России рассматривают вопрос о включении разработок мореходных вездеходов на воздухоопорных гусеницах в проект формирующейся государственной программы «Экономическое и социальное развитие Арктической зоны Российской Федерации на 2011–2020 гг.» в части транспортного обеспечения в условиях предельного бездорожья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азовцев А. И., Самсонов С. В. Гидродинамические характеристики воздухоопорных гусениц // Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. М.: АН СССР, 1986. № 2. С. 172–174.
2. Москаленко О. В. Разработка совмещенной схемы воздухоопорной гусеницы и скега как базового элемента автоматизированного проектирования ТСВГ // 58-я Международная научно-техническая конференция «Молодежь – наука – инновации». Сб. мат-лов конференции. Т. 1. Владивосток: МГУ им. адм. Г. И. Невельского, 2010. С. 174–177.
3. Азовцев А. И., Гаманов В. Ф., Луцай С. В. Возможности обеспечения щадящего воздействия на грунт тундры при использовании универсальных вездеходов на воздухоопорных гусеницах // Сб. мат-лов I Евро-Тихоокеанского конгресса. Владивосток, 2003.
4. Чеботаев А. А., Мельник А. Д. Безвредные транспортные средства для Севера // Научно-технический прогресс и перспективы развития новых специализированных видов транспорта. Сб. мат-лов Всесоюзной научно-практической конф. 23–26 октября 1990 г. Ч. 2. М.: ВНИИПК техоргнефтегазстроя, 1990. С. 115–125.

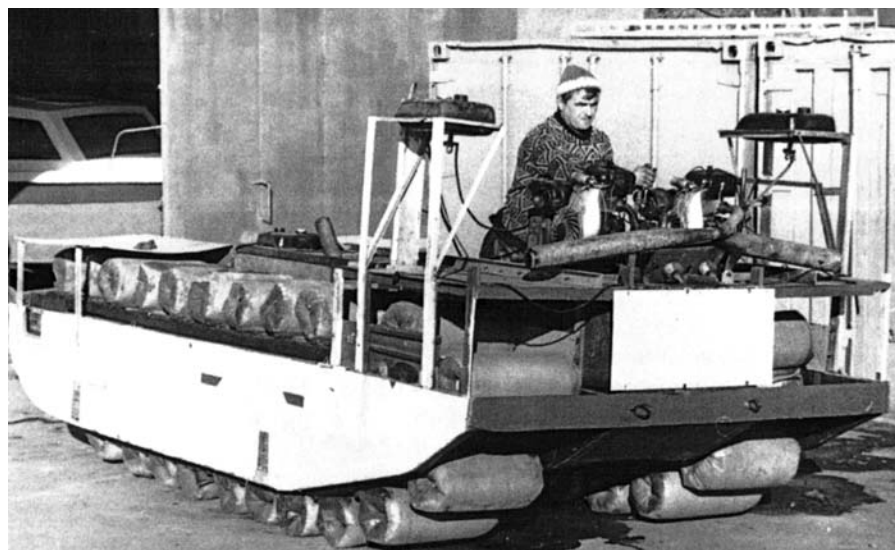


Рис. 4. Фото самоходной модели в масштабе 1 : 4