

ОАО “Научно-производственная компания Юницкого”

Краткое описание струнной транспортной системы



Рис. 1. Двухпутная трасса СТС

Струнная транспортная система (СТС) - это принципиально новая многофункциональная коммуникационная система, основу которой составляет одно- или многопутная путевая структура, представляющая собой предварительно напряженную канатно-балочную конструкцию, поднятую на опорах, предназначенную для движения по ней грузовых или пассажирских колесных экипажей (транспортных модулей).

Основными элементами путевой структуры СТС являются два специальных рельса-струны, выполненные без стыков и жестко закреплённые в анкерных опорах на расстоянии 1...3 км. В промежутке путевая структура размещена на лёгких опорах,

высотой 10...30 м и более, установленных через 50...100 м. Все другие составляющие СТС более близки к традиционным решениям или представляют собой их новые комбинации.

Высокая ровность и жесткость путевой структуры позволит осуществлять транспортировку разнообразных грузов и пассажиров в широком диапазоне скоростей (от самых малых до 300...400 км/час, в перспективе до 500 км/час).

СТС может быть применена как внутри поселений, так и на магистральных перевозках, практически на любой пересечённой местности и в любых климатических условиях, не нанося ущерба окружающей среде. Возможно строительство пассажирских, грузовых и смешанных грузопассажирских трасс. Расчётные эксплуатационные характеристики СТС превосходят все известные виды массового транспорта. По удельным капитальным вложениям и эксплуатационным издержкам СТС близка к самому дешевому из сравнимых видов транспорта – канатной дороге, значительно превосходя ее по другим показателям.

Технико-экономические и экологические показатели

Действующая трасса СТС будет удовлетворять следующим требованиям:

1) низкий расход материалов на строительство (на двухпутную трассу: металлоконструкции - до 150...250 кг/м, железобетон - до 0,2...0,3 куб. м/м);

2) трасса с инфраструктурой будет не дороже канатной дороги – двухпутная трасса с инфраструктурой, млн. USD/км: 1,0...1,5 - на равнине, 1,5...2,5 - в горах и на морских участках при размещении трассы над водой), при этом ресурсоёмкость транспортной системы (потребность в строительных материалах и конструкциях, объём земляных работ, расход чёрных и цветных металлов и т. п.) также будет на уровне канатной дороги;

3) изымет у землепользователя не более 0,1 га земли на один километр протяжённости трассы с инфраструктурой; размещённые на лёгких ажурных опорах и возвышающиеся над землёй струнные трассы могут пересекать улицы, площади, существующие дороги, линии электропередач, леса, озёра, прибрежные воды, болота, подниматься на холмы и в горы, а транспортные модули могут передвигаться под наклоном до 45 градусов;

4) не потребует сооружения насыпей, выемок, строительства тоннелей, мощных эстакад, мостов, путепроводов и виадуков, нарушающих ландшафт и биогеоценоз; устойчива к воздействию стихийных бедствий (землетрясения, наводнения, оползни и др.); строительство струнных дорог позволяет прокладывать трассы без сноса строений,

без вырубки леса, нанесения ущерба сельхозугодиям, водоёмам, и, таким образом не только в 3...5 раз (по сравнению с другими видами транспорта) снизить стоимость строительства, но и свести негативные экологические последствия к минимуму при создании высокоскоростной транспортной инфраструктуры;

5) будет многофункциональной коммуникационной системой – СТС легко совмещается с линиями электропередач, ветряными и солнечными электростанциями, линиями связи, в том числе оптико-волоконными, создаст возможность строительства технологических и специализированных трасс (автоматизированный вывоз мусора за пределы мегаполисов, разгрузка танкеров и грузовых кораблей прямо в море без наличия причала, доставка руды из карьера на обогатительную фабрику, транспортировка угля к тепловой электростанции, транспортировка нефти от месторождения к перерабатывающим заводам, поставка в большом объёме высококачественной природной питьевой воды и пищевого льда на расстояние 5...10 тыс. км и т.д.);

6) транспортный модуль обеспечит комфорт для пассажира на уровне современного автобуса, в то время как себестоимость его серийного производства будет на уровне обычного легкового автомобиля (1...2 тыс. USD на одно посадочное место); по желанию заказчиков пассажирские модули могут быть на 30...50 посадочных мест, а также специальные на несколько пассажиров, класса VIP; привод модулей может быть электрическим, или от двигателя внутреннего сгорания (на бензине или дизельном топливе), или от авиадвигателя с толкающим винтом (автолёт);

7) по удельному воздействию на окружающую среду транспортный модуль, имеющий привод от электродвигателя, будет экологически безопаснее, чем троллейбус – выброс вредных веществ не более 10 грамм/100 пасс.·км;

8) обеспечит низкую себестоимость проезда пассажиров (на уровне современных пригородных электропоездов) – до 1...1,5 USD/100 пассажиро-километров и транспортировки грузов - до 0,3...1,0 USD/100 т·км;

9) на высокоскоростное перемещение потребует в 5...10 раз меньших энергозатрат (расхода топлива), чем современный легковой автомобиль – в пересчёте на бензин до 0,5 литра/100 пасс.·км, или (0,02...0,03 кВт·час/пасс.·км, 0,025...0,04 кВт·час/тонн·км при скорости 300 км/час);

10) обеспечит пропускную способность двухпутной трассы не менее 100 тыс. пасс./сутки и 100 тыс. тонн грузов в сутки;

11) обеспечит безопасность движения на уровне авиапассажирских перевозок;

12) трассы могут эксплуатироваться с рентабельностью 100...200% (как отношение прибыли к себестоимости перевозок) и более;

13) создаст новые типы поселений - линейные города, в том числе в труднодоступных для заселения местах (горы, шельф океана, острова, тайга, джунгли, пустыня и т.д.); струнные дороги станут идеальным современным видом транспорта для курортных зон и туристических центров, для сообщения с островами, для природных заповедников, развлекательных парков, крупных торговых центров, для создания панорамных обзорных аттракционов, а также маршрутов вокруг исторических памятников и монументов и т.д.

По совокупности как технических, так и указанных экологических и технико-экономических характеристик система СТС может быть альтернативой существующим наземным видам массового пассажирского транспорта в процессе его неизбежного обновления и развития в России в ближайшие годы.

Состояние дел на сегодняшний день

На сегодняшний день проведены исследования математической динамической модели СТС, испытана масштабная модель пассажирского модуля в аэродинамической трубе, построена действующая 100 метровая модель СТС в масштабе один к пяти.

К настоящему времени достаточно глубоко проработаны принципиальные решения не только основных элементов системы, но практически всех ее составляющих, от

станционных комплексов и конструкции стрелочных переводов разного назначения, до отдельных узлов и деталей, например, анкерных устройств. Многие из этих решений оригинальны, что подтверждается уже полученными охранными документами. Но все они выполнены с соблюдением основного принципа – применения только доступных материалов и конструктивных схем, поддающихся известным и проверенным методам расчета.

Ни один узел или элемент системы не будет при эксплуатации находиться в более неблагоприятных условиях, чем близкие аналоги традиционных устройств и сооружений. Ряд элементов будет работать в более выгодных условиях, например, напряженные элементы рельсов-струн защищены от коррозии и иных внешних воздействий лучше, чем сходные с ними элементы висячих мостов. Следовательно, надежность и долговечность СТС, будет, во всяком случае, не ниже, чем у подобных проверенных временем сооружений.

Постановлением Администрации г. Сочи от 10.09.1997 г. №628 проект СТС внесён в федеральную целевую программу "Социально-экономическое развитие города-курорта Сочи на период до 2010 года".

20-21 апреля 1999 года в г. Сочи состоялось совещание администрации Краснодарского края, г. Сочи, руководителей 10 проектных и исследовательских институтов, 12 конструкторских фирм, 8 общественных организаций и миссии центра ООН по населенным пунктам, одобрившее этот проект. Научную и техническую экспертизу проектов СТС выполнили специализированные научные организации ООН, республики Беларусь, Украины, Малайзии.

В России положительное заключение проекту СТС дали специалисты Министерства экономики, Российской инженерной академии, Министерства Транспорта Российской Федерации, Петербургского государственного университета путей сообщения, Госстроя РФ и ряда других специализированных учреждений. Рассматривается возможность использования СТС для развития Критских транспортных коридоров № 2 и № 9.

По проекту СТС разработано свыше ста научных, конструкторских и технологических решений, относящихся к ноу-хау.

Основные принципиальные решения защищены патентами, до сотни заявок на изобретения находятся в стадии оформления.

Описание отдельных элементов системы

Рельс-струна

Представляет собой пустотелый рельс с расположенным внутри его напряженным (растянутым) элементом (см. рис. 2). Рельс-струна (далее - рельс) поддерживается разнесенными на значительные расстояния (до 100 и более метров) опорами и сочетает в себе свойства гибкой нити, натянутой с провесом в большом пролёте, и жесткой балки на участке контакта головки рельса с колесами транспортного модуля. Это сочетание свойств обеспечивается таким соотношением усилия растяжения напряженного элемента (каната), жёсткости рельса, собственной массы всего рельса и внешних нагрузок, при котором провес каната вписывается в вертикальный габарит около 200 мм пустотелого корпуса рельса. Передача полезной нагрузки от головки рельса на напряженный элемент обеспечивается заполнением полости корпуса самотвердеющим составом, либо другими способами, не изменяющими принципа работы устройства.

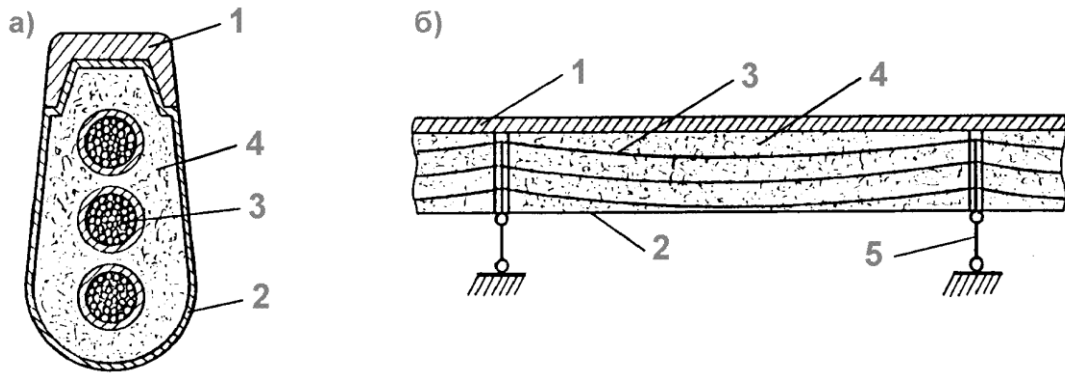


Рис. 2. Конструкция рельса-струны:

а) поперечный разрез; б) продольный разрез; 1 - головка; 2 - корпус; 3 - струна; 4 - специальный наполнитель; 5 - поддерживающая опора.

В качестве напряженного элемента может применяться один или несколько стальных канатов, набор стальных проволок или лент, которые широко используются во многих иных конструкциях и обладают требуемыми характеристиками (основная из них – прочность до 1000 МПа и выше).

Головка рельса может быть выполнена из сталей, применяемых для обычных железнодорожных рельсов.

Выполненная из традиционных и доступных материалов конструкция отличается от всех сравнимых многократно меньшей относительной деформативностью (отношение прогиба к длине пролета). Головка рельса представляет собой почти идеально ровный путь. При пролете 50м и массе транспортного модуля 5000 кг прогиб рельса в середине пролета составит около 10мм (относительная деформация 1/5000). Это на порядок меньше деформативности современных мостов и, следовательно, укладываемого на них полотна обычной или высокоскоростной железной дороги (1/400).

Другое существенное отличие от традиционного рельсового пути состоит в отсутствии на всем протяжении стыков с зазорами для компенсаций температурных воздействий. Отсутствие компенсационных стыков не приведёт к существенным деформациям рельса. Наличие напряжённого элемента, натянутого с провесом внутри рельса, позволяет провести полную аналогию с поведением многокилометровых проводов телеграфных линий и т.п. При максимальном для реальных условий перепаде температур в 100 °С не возникает ни потери устойчивости, ни чрезмерного перенапряжения элементов рельса, а происходящие при этом деформации не вызывают значимых изменений прогиба рельса.

При эксплуатации высокоскоростных железнодорожных путей, уступающих СТС по этим параметрам, достигается скорость 400 км/час. С учётом указанных преимуществ и того, что неподрессоренная масса ходовой части транспортного модуля многократно меньше, чем у высокоскоростного поезда, в перспективе достижимы скорости 500 км/час, а эксплуатация СТС при скоростях до 400 км/час при высоком уровне комфорта для пассажиров не ставит принципиальных проблем при современном уровне техники.

Для проектирования рельсов реальной трассы достаточны известные и проверенные методы расчета. Однако целый ряд необходимых для таких расчетов параметров, связанных с динамическими процессами (колебания рельсов от подвижной нагрузки в различных режимах, от ветровой нагрузки на транспортный модуль и путевую структуру, динамика контакта колесо-рельс и т.п.) с достаточной точностью могут быть определены только опытным путем. Для постановки опытов требуются, как минимум, два стенда. Один для определения динамических параметров контакта "рельс-колесо" на различных режимах (до 500 км/час), на котором реальные колеса транспортного модуля могут взаимодействовать с устройствами, имитирующими рельсы. Второй стенд должен

быть максимально приближен к участку реальной путевой структуры в натуральную величину. Учитывая, что требуется получить данные о поведении структуры на пролетах, близких к пролетам реальной трассы, а также на особых участках (например, стрелочные переводы), стенд должен иметь длину не менее 100м и обеспечивать регистрацию динамических параметров при взаимодействии с подвижной нагрузкой в виде устройства, максимально приближенного к конструкции реального транспортного модуля. Оба стенда в настоящее время сооружаются на испытательном полигоне «НПК Юницкого» в г. Озёры Московской области.

Опоры и линейные участки трассы в целом

На трассе предусматривается три вида опор – два вида анкерных (концевые и промежуточные) и поддерживающие (см. рис. 3).

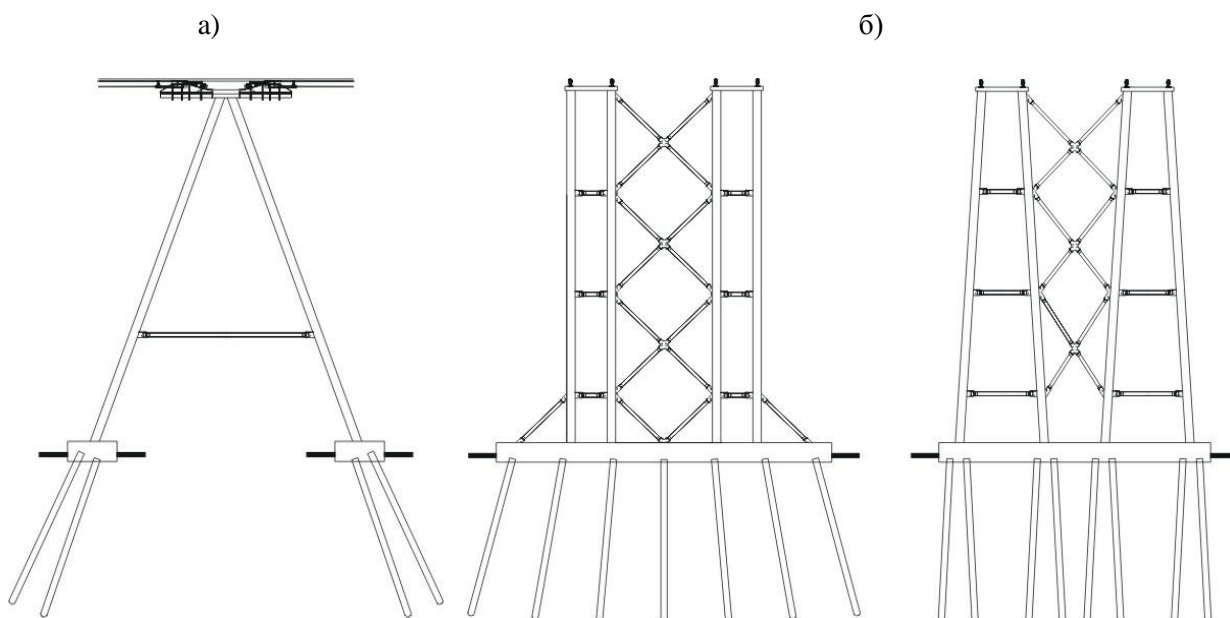


Рис. 3. Варианты конструкции анкерных опор двухпутной трассы в продольном (а) и поперечном (б) разрезах.

В режиме нормальной эксплуатации наибольшие нагрузки испытывают концевые анкерные опоры, воспринимающие усилия натяжения напряженных элементов рельсов. На промежуточных опорах эти усилия практически полностью уравниваются на построенной трассе, а при ее монтаже могут быть компенсированы простыми временными устройствами. Поэтому при эксплуатации промежуточные анкерные опоры, как и поддерживающие, испытывают преимущественно вертикальную нагрузку (нормальную порядка 20 тонн и аварийную около 50 тонн). Номинальная горизонтальная нагрузка для концевых анкерных опор составляет при однопутной трассе около 500 тонн.

Минимальная высота опор принята 5м для обеспечения минимального изъятия земель из хозяйственного оборота и возможности работы под трассой сельскохозяйственной техники. С учетом географических условий (рельеф местности, высота снежного покрова, наличие лесных массивов и т.п.) оптимальная высота опор определена на уровне 20...30м.

На особых участках, таких как водные преграды, горные хребты и т.п., высота опор может быть существенно больше, а расстояние между ними достигать несколько сот метров. В последнем случае пролетное строение должно поддерживаться дополнительными устройствами, выполняемыми по аналогии с традиционными схемами висячих и вантовых мостов.

Нагрузки на подавляющее большинство опор на трассе таковы, что не предъявляют к их конструкциям и материалам каких-либо особых требований. Они могут быть выполнены из традиционного для такого типа сооружений железобетона или металла. Повышенные нагрузки для концевых опор и для промежуточных на особых участках также не ставят принципиальных проблем, так как расчет и сооружение гораздо более нагруженных опор традиционных мостов давно освоены в строительной практике. Это же относится к конструктивным решениям оснований опор, которые могут быть устроены на практически любом грунте.

Требуемая точность трассы на ее искривленных участках вполне может быть обеспечена известными способами, например боковыми оттяжками. Кроме того разработчиком предлагаются патентоспособные оригинальные решения этой задачи.

Таким образом, строительство трассы обеспечивается традиционными и доступными материалами, ее проектирование – известными и многократно проверенными методами расчета, а несущая способность опор обеспечивает заявленные эксплуатационные характеристики.

Транспортные модули

Предлагаемые транспортные модули рассчитаны для перевозки любых грузов массой до 10 т на высоких скоростях, до 20 т на скоростях ниже 100 км/час, а также предлагаются специальные многоколёсные платформы для грузов массой до 40 т. За рамки традиционных представлений выходят лишь высокоскоростные модули, и ниже анализируются только они (см. рис. 4-6).

По своей конструкции модуль ближе всего к автомобилю, но, в отличие от него, снабжен жёсткими колёсами. Контакт жёсткого колеса с жёстким рельсом обеспечивает минимальное сопротивление качению, а высокий уровень комфорта для пассажиров достигается отмеченными выше качествами пути и специальной системой подвески колёс. Предлагается несколько вариантов конструктивного исполнения подвески, реализация которых не ставит технических проблем. В отличие от железнодорожного подвижного состава, колёса модулей имеют по две реборды. Это, в сочетании со свойствами подвески, обеспечивает высокую безопасность движения (практически исключается сход модуля с рельсов), а на редких участках трассы с большими уклонами – необходимое для повышенной тяги сцепление приводных колёс с рельсами (используется эффект расклинивания по аналогии с взаимодействием ремня со шкивом клиноременной передачи).

На горизонтальных участках и на уклонах, сравнимых с уклонами обычных железных дорог, потребная сила тяги определяется в основном аэродинамическим сопротивлением. Разработанная конструкция модуля обладает низким для транспортных средств показателем этого сопротивления. Определенное продувкой модели модуля масштаба 1:5 в аэродинамической трубе значение коэффициента аэродинамического сопротивления C_x составляет 0,075. Помимо оптимальной формы корпуса, это объясняется отсутствием выступающих частей, за исключением малой части узких колес. На корпусе также нет целого ряда традиционных для автомобиля элементов, повышающих сопротивление, что стало возможным благодаря автоматическому управлению модулем.

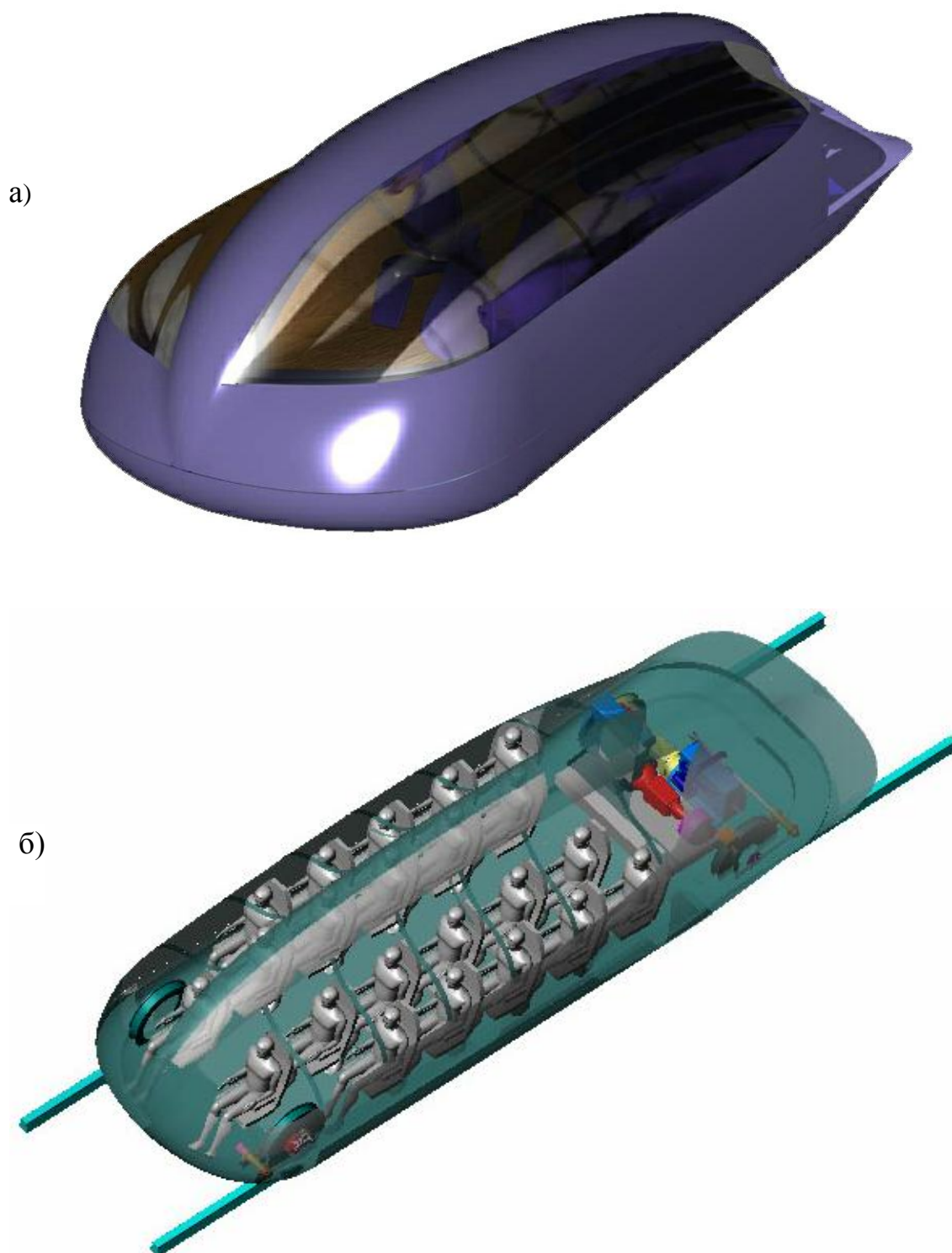


Рис. 4. Пассажирский модуль: а) внешний вид; б) салон.

- вместимость – 25 человек;
- расчётная скорость движения – 250 км/час;
- конструкционная (предельная) скорость – 350 км/час;
- привод – двигатель внутреннего сгорания (дизель) мощностью 120 кВт;
- расход топлива (дизельное топливо) при крейсерской скорости (250 км/час) – 12 л/100 км.

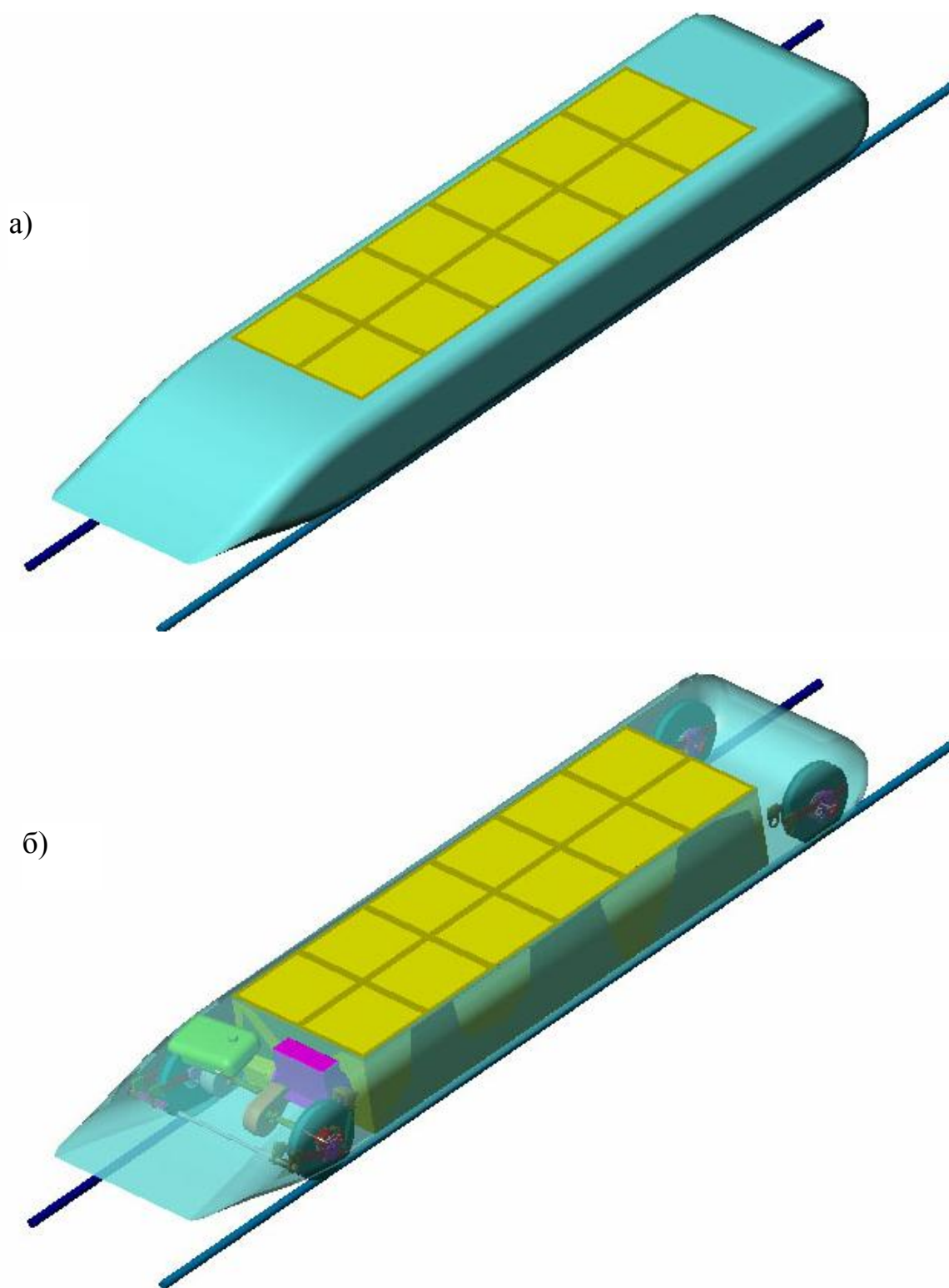


Рис. 5. Грузовой модуль для контейнерных перевозок:
а) внешний вид; б) компоновка агрегатов:

- грузоподъёмность – 6000 кг;
- расчётная скорость движения – 250 км/час;
- конструкционная (предельная) скорость – 350 км/час;
- привод – двигатель внутреннего сгорания (дизель) мощностью 75 кВт;
- расход топлива (дизельное топливо) при крейсерской скорости (250 км/час) – 7,5 л/100 км.

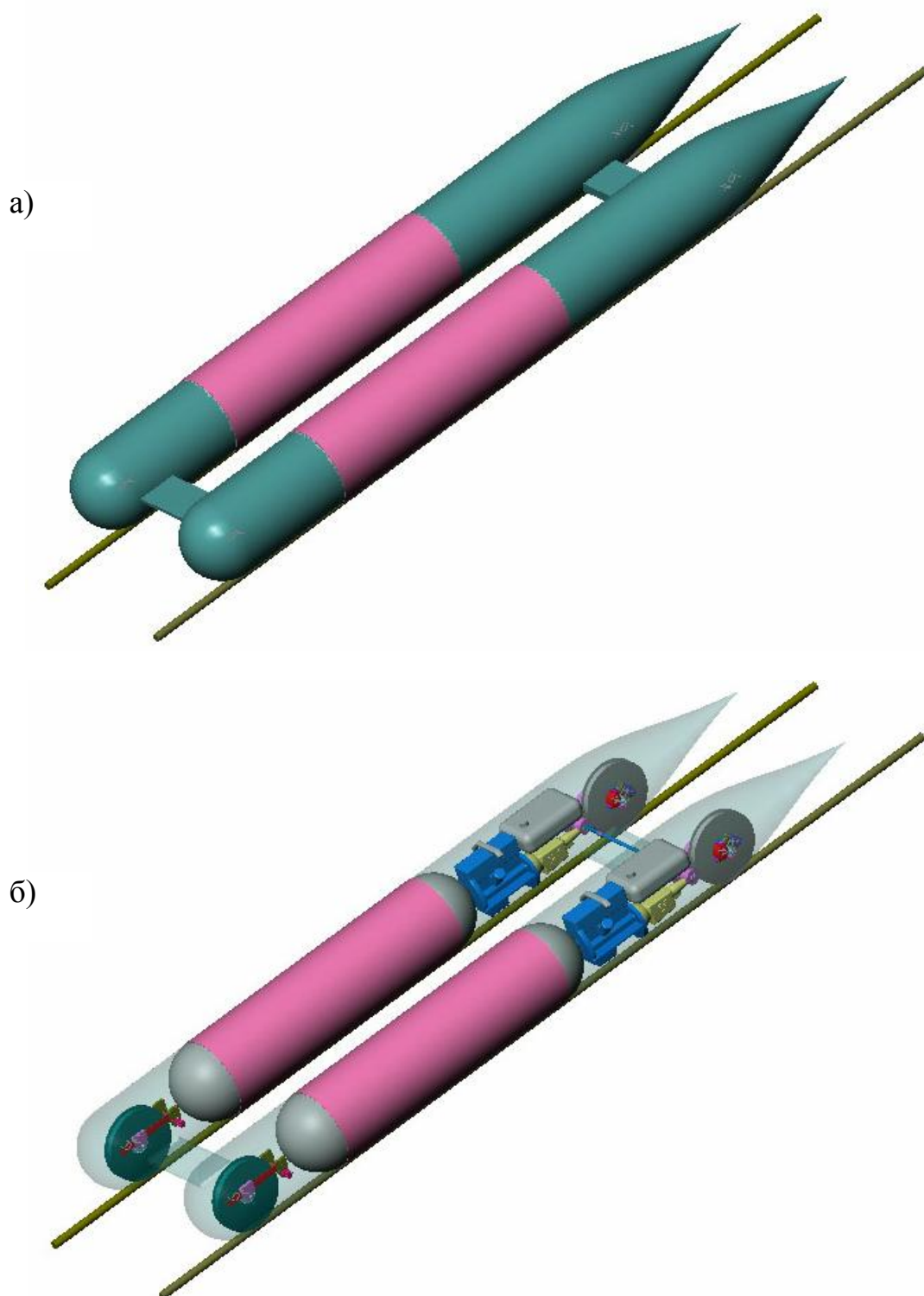


Рис. 6. Грузовой модуль для перевозки жидких грузов
(нефть и нефтепродукты, питьевая вода и т.п.):
а) внешний вид; б) компоновка агрегатов.

- грузоподъёмность – 6000 кг;
- расчётная скорость движения – 250 км/час;
- конструкционная (предельная) скорость – 350 км/час;
- привод – двигатель внутреннего сгорания (дизель) мощностью 75 кВт;
- расход топлива (дизельное топливо) при крейсерской скорости (250 км/час) – 7,5 л/100 км.

Глубина проработки вариантов силовых агрегатов позволяет утверждать, что для высокоскоростного модуля могут быть применены самые различные технические решения привода тяги – от электродвигателей, приводящих по различным схемам колеса, до воздушного тягового винта. Электропривод может иметь как автономное, так и внешнее питание, причем во втором случае не потребуются специальной контактной сети, так как токопроводами могут служить сами рельсы, электрически изолированные друг от друга и от опор. Вполне реально применение на модулях двигателей внутреннего сгорания или газовых турбин.

СТС не требует для своей реализации уникальных устройств или материалов.

Технология строительства СТС

При применении только традиционных технологических приемов, монтажного оборудования и механизмов, технология окажется значительно проще и дешевле, чем на строительстве обычных мостов со сравнимыми величинами пролетов. Практически все операции монтажа системы могут быть полностью механизированы, что позволяет реализовать поточный метод строительства с высокой скоростью (порядка 500 м в сутки).

Кроме того, предусмотрена возможность использования для монтажа трассы специального комбайна, который обеспечит автоматизацию выполнения большинства операций и учета контрольных параметров монтажа.

Таким образом, строительство СТС не ставит принципиальных технологических проблем, во всяком случае, при ее устройстве на суше. Разработаны принципиальные схемы устройства трасс, прокладываемых по дну моря или в толще воды. Для таких случаев, естественно, потребуются нетрадиционные технологии. Но и здесь технологические проблемы не будут сложнее тех, какие были решены, например, во Франции еще на рубеже XIX и XX веков при сооружении подводного перехода через Сену на линии парижского метрополитена.

© А.Э. Юницкий
115487, РФ, г.Москва, ул. Садовники, 2
тел./факс: (095) 118-02-38, тел.:118-52-55, 118-54-65
e-mail: office@unitran.ru
<http://www.unitran.ru>