

Стальная труба Hyperloop

Семь лет назад жарким августовским днем американский предприниматель Илон Маск впервые обнародовал концепцию вакуумного поезда Hyperloop (гиперпетля).



Согласно проекту, состав должен был преодолеть маршрут в 560 км, пролегающий между окраинами Лос-Анджелеса и Сан-Франциско, за 35 минут, двигаясь со скоростью 1200 км/ч. Бюджет строительства предварительно оценили в \$6 млрд.

Впоследствии у критиков Hyperloop не хватало пальцев на двух руках, дабы перечислить все «узкие места» смелой идеи и доказать, почему ее осуществление невозможно. Тем не менее, к августу 2020 г. Министерство транспорта США придало инновации Маска вполне практическое наполнение, установив нормативные требования для технологии Hyperloop. Кроме того, Федеральным управлением железных дорог Hyperloop был вынесен в отдельную категорию транспортных средств, что создало юридическую основу для получения государственного финансирования проекта. Сам же Илон Маск называет Hyperloop «пятым видом транспорта», чем-то средним между самолетом «Конкорд», рельсотроном (электромагнитной пушкой) и столом для аэрохоккея.

Концепция

Предшествовавшие «гиперпетле» Маска разработки высокоскоростных железных дорог раз за разом «упирались» в силу трения и сопротивление воздуха, которые на высоких скоростях становились более чем существенными.

Ну а создатели Hyperloop решили обмануть законы физики. Сначала об устройстве самой системы. По сути, она представляет собой наземную

[трубу большого диаметра](#)

, проложенную между началом маршрута и конечным пунктом. По ней движется капсула с пассажирами, которая получила название pod. В трубе созданы условия близкие к вакууму, что практически сводит на нет фактор сопротивления воздуха. Кроме того, во время движения pod левитирует, что, в свою очередь, нивелирует силу трения. В итоге, капсула получает возможность передвигаться быстрее, чем самолет - со скоростью свыше 1000 км/ч.

Собственно, разгон pod до заданной скорости и создание вакуума и является основной технической задачей, над которой сейчас корпят инженеры проекта. Нужно понимать, что на бешеных скоростях малейшая ошибка разработчиков может привести к страшным последствиям. Также добавим, что, согласно «вводным» господина Маска, Hyperloop должен работать исключительно на возобновляемых источниках энергии, что добавляет «головной боли» экспериментаторам.

Итак, вскоре после того, как в 2013 г. специалисты Space X и

[Tesla Motors](#)

разработали первый концепт Hyperloop, собственник компаний Илон Маск бросил клич в народ и предложил усовершенствовать «гиперпетлю» всем миром. С тех пор эксперименты и исследования в области Hyperloop-технологий проводятся в режиме open source – все разработчики свободно делятся своими находками с партнерами по проекту. Тогда же для дальнейшего развития направления были

созданы две компании - Hyperloop One и Hyperloop Transportation Technologies (HTT). Последняя ныне объединяет около восьми сотен инженеров из США, которые пока трудятся над проектом бесплатно, рассчитывая получить дивиденды после его реализации. HTT уже превратилась в своего рода общественное движение, целью которого является создание единого мира, где благодаря раскинувшейся по всем континентам сети Hyperloop расстояние не имеет особого значения.

В свою очередь, в Hyperloop One работают специалисты из ближайшего окружения Илона Маска, прошедшие «школу» SpaceX, Tesla и PayPal. В 2017 г. одним из руководителей Hyperloop One стал культовый американский предприниматель Ричард Брэнсон, инвестировавший в проект \$85 млн. К 2020 г., согласно недавнему маркетинговому отчету о рынке технологий Hyperloop, в отрасли насчитывалось уже 10 крупных игроков. Сам же рынок, как ожидается, в ближайшие семь лет вырастет в денежном выражении на треть.

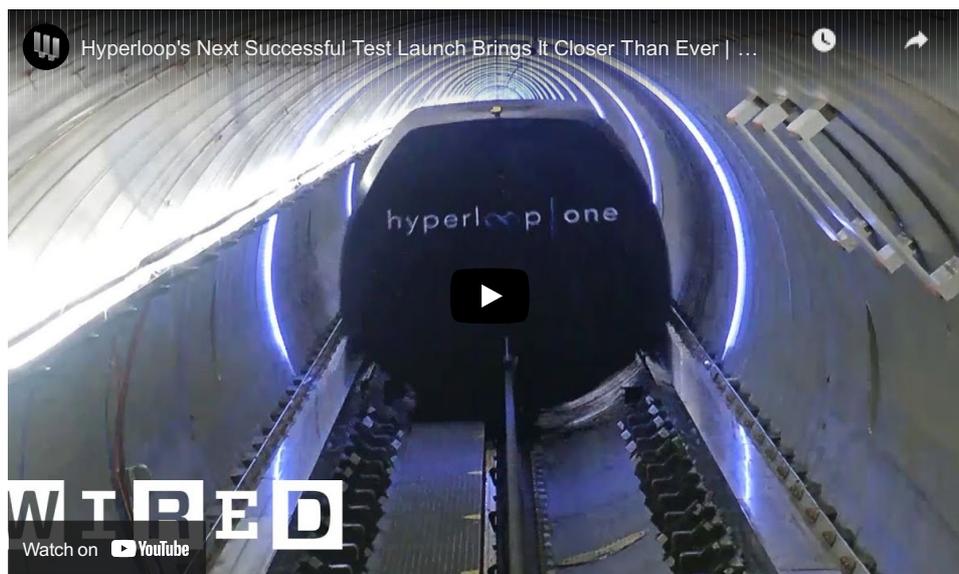
Тем не менее, пока что о коммерческой составляющей Hyperloop говорить слишком рано. По сути, технологическое решение «гиперпетли» еще находится на этапе создания. Но уже сейчас понятно, что краеугольным камнем будущей глобальной сети Hyperloop станет сталь.

Материалы

Из описания будущего инфраструктурного проекта очевидно, что основным – наиболее протяженным, ответственным и затратным – элементом Hyperloop будет труба. Материал, из которого она будет изготовлена, должен обеспечить вакуумную среду внутри конструкции, гарантировать безопасность движения капсулы на огромных скоростях и выдерживать все погодные вызовы и особенности окружающей среды. Кроме того, учитывая большую протяженность будущей транспортной инфраструктуры (только на европейском континенте Hyperloop раскинется на 10 тыс. км) важным фактором является налаженный выпуск материала, из которого будет изготовлена труба, и сравнительно низкая себестоимость его производства.

Команды, работающие над созданием «гиперпетли», изучили целый ряд возможных материалов для ее строительства. И на нынешнем этапе разработки проекта чаша весов склонилась в сторону стали. Бетон был отброшен из-за сравнительно низкой прочности и сложности в достижении воздухопроницаемости. От алюминия, который, напомним, является одним из основных материалов в самолетостроении, отказались из-за его меньшей жесткости, а трубы из акрила оказались неоправданно дорогими.

Сейчас исследователи заняты изучением различных сил, которые в дальнейшем будут воздействовать на стальную трубу «гиперпетли». Пока что они могут смоделировать лишь воздействие разницы в давлении воздуха внутри трубы (там практически вакуум) и воздушной среды снаружи сооружения. Так, расчеты экспериментаторов показывают, что при радиусе стальной трубы, который предварительно будет равен 1,75 м, толщина стенки Hyperloop должна быть равна 25 мм – более тонкая стенка не выдержит коробление вследствие внутренних напряжений, вызванных вакуумом.



Конечно, для создания такой трубы протяженностью в тысячи километров потребуется колоссальное количество стали. Ее производство – в первую очередь, за счет объема – будет не только дорогим, но и, вне всякого сомнения, окажет серьезное влияние на окружающую среду. Кроме того, инженеры понимают, что стальная труба, зафиксированная между «узлами» конечных станций, неизбежно будет реагировать на изменение погодных условий. К примеру, они ищут возможность нивелировать явление теплового расширения стали, которое наблюдается при повышении температуры окружающей среды. Также оцениваются последствия ударов ветровой стихии и неизбежной коррозии металла.

Эти вызовы заставляют разработчиков Huperloop, как и их коллег-авиастроителей, «посматривать» в сторону современных композитных материалов. Во-первых, композиты легче, чем сталь. Во-вторых, за счет особенностей производства композитные трубы будут толще стальных, что позволит в значительной степени решить проблему коробления «гиперпетли». В-третьих, композиты не слишком чувствительны к температурным колебаниям, поэтому риск их теплового расширения будет значительно ниже, чем у стального «трубопровода». В-четвертых, с использованием композитов появляется возможность производить трубу большой длины, тем самым снижая количество стыковочных элементов.

В частности, чуть более года назад исследователи из Делфтского технологического университета (Нидерланды) предложили идею использования сверхвысококачественного бетона с арматурой из стального волокна. Многообещающе выглядит и применение композитов с алюминиевой матрицей – это легкие материалы, устойчивость которых к давлению и температурному воздействию, в целом, выше, чем у стали.

Впрочем, все эти аргументы сторонников композитной «гиперпетли» разбиваются о финансовую сторону вопроса. Производство стальных труб для Huperloop будет существенно дешевле выпуска труб из композитных материалов. Поэтому пока сталь как материал для футуристической трубы Huperloop конкурентов не имеет.

<https://metinvestholding.com/ru/media/news/stalnaya-truba-hyperloop>