

## Технико-экономическое обоснование использования Систем струнного транспорта для пассажирской железной дороги в Новом Южном Уэльсе

Аарон Джеймс Харгрейвс

Научный руководитель - доктор Упали Вандебона

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Струнные транспортные системы (СТС) представляют собой эффективную железнодорожную технологию, разрабатываемую в настоящее время в России компанией String Technologies Unitsky. В этой технологии вместо обычных стальных рельсов применяются высокопрочные стальные тросы, залитые бетонным наполнителем.

Для определения целесообразности применения СТС настоящая работа включала выполнение технического анализа и проектирование, в частности, в отношении выбора участка применения, оценки спроса, структурного проектирования и стоимости. На основе такой информации было определено, что наилучшим образом эта новая технология будет применяться на недавно построенной трассе от Сиднейского Аэропорта Кингсфорд Смит до Бонди Бич. Структурные и геотехнические элементы этой трассы были разработаны с использованием австралийских стандартов, и сравнены с данными, полученными от String Technologies Unitsky.

По данному проекту было установлено, что трасса может удовлетворить текущий спрос на перевозку примерно 12300 пассажиров в день между Сиднейским Аэропортом Кингсфорд Смит и Бонди Бич, с предполагаемым увеличением этого числа до 80000 в будущем. Время в пути составляло бы 25 минут на данной трассе протяженностью 20,42 км, что меньше существующих показателей общественного транспорта, а также системы скоростных пассажирских перевозок. Конструктивно, стандартные опоры и фундаменты сети СТС соответствовали австралийским стандартам, обеспечивая отвечающую требованиям конструкцию. С учетом струнного рельса, инновационного элемента в этой технологии, а также достаточной расчетной нагрузки и стоимости за срок службы, СТС обеспечивали бы экономию 75% по сравнению со своими аналогами.

Анализ транспортных элементов, в также структурного и геотехнического проектирования конструкции показал, что СТС является экономически целесообразной при реализации малого масштаба в сильно урбанизированных районах штата Новый Южный Уэльс. На основе этого заключения можно было бы провести дальнейшие исследования по реализации.

### ВВЕДЕНИЕ

#### Формулировка задачи

#### Предпосылки исследования

Сеть пассажирских железнодорожных перевозок Нового Южного Уэльса разветвленная с покрытием большей части Нового Южного Уэльса тысячами километров путей. В настоящее время используются легкорельсовые и ширококолейные виды сообщений, при этом в большинстве пригородов Сиднея применяются различные варианты железнодорожных перевозок.

Городская железнодорожная сеть Сиднея страдает от чрезмерной загруженности, создавая большой спрос на данную сеть. Это привело к тому, что сеть во многих местах достигла своей пропускной способности, и при высоком уровне урбанизации, расширение сети было бы дорогостоящим и одновременно технически сложным.

Например, такие районы, как восточные пригороды Сиднея, не имеют железнодорожной сети, в результате чего жители вынуждены совершать длительные поездки на автобусе, чтобы добраться до города. Этот и другие современные методы решения проблем, связанных с железнодорожной сетью являлись второстепенными, по сравнению с проблемами, во многих случаях являющихся критическими, что вынуждало правительство принимать меры. Для решения вопросов, связанных с урбанизацией, а также дорогостоящими работами по прокладке туннелей, было предложено развивать легкорельсовый транспорт. Однако и то и другое представляло собой долговременные или дорогостоящие варианты.

После недостаточных попыток решить данные проблемы, связанные с железнодорожной сетью современного Сиднея, соответствующее решение до сих пор еще не найдено. И пока не будет найдена и реализована такая технология, такие "временные" решения будут достаточными.

В системах струнного транспорта, технологии, разработанной в России, используются залитые бетонным наполнителем высокопрочные стальные тросы, устанавливаемые на эстакадах вместо обычных стальных рельсов. Типовой поперечный профиль, представленный на рисунке 4, и основанный на проектировании и испытаниях, по-видимому, способен работать и удовлетворять требованиям и условиям, указанным выше.

По этой причине, возможность реализации альтернативной технологии, а в этом случае Струнных Транспортных Систем, и представляет тему настоящего исследования.

## Цели

При принятии решения о возможности реализации альтернативной железнодорожной технологии для использования в пассажирских железнодорожных перевозках в Новом Южном Уэльсе, при составлении данной работы были установлены следующие цели:

- Проведение исследований по технологии Струнных Транспортных Систем, и соответствующих показателей эффективности;
- определение потребности в альтернативной технологии и ее лучшего применения;
- разработка трассы или сети для технологии, с учетом предполагаемого спроса на сеть;
- обеспечение конструктивной целостности железнодорожной технологии в условиях эксплуатации согласно австралийским стандартам;
- определение финансовой целесообразности внедрения технологии в сети пассажирских железнодорожных перевозок Нового Южного Уэльса; и
- определение целесообразности внедрения этой технологии на основе всей вышеуказанной информации.

По достижению этих целей, будет выполнено практическое заключение по реализации альтернативной транспортной системы.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Струнные Транспортные Системы представляют собой уникальную концепцию пассажирских перевозок, в которой сильно натянутые стальные тросы сочетаются с элементами железной дороги. Эта технология разрабатывалась в России с 1977 года д-ром Анатолием Юницким и продолжает разрабатываться до сих пор, не имея действующей железной дороги такого рода в мире. Все, что имеется, это испытательная модель протяженностью 1,5 км, построенная в 2001 году, а также несколько масштабных моделей размером 1:2, 1:5, 1:10 (Юницкий, 2010). Со струнными транспортными системами связаны разнообразные патенты и изобретения. В августе 2010 года Юницкий опубликовал подробное методическое пособие по применению технологии струнных транспортных систем, применяющихся в транспортировке железной руды в Австралии (String Transport Systems Limited, 2010). В этой работе данное представляет своего рода платформу для аспектов технического проекта. Многочисленные предложения также были сделаны для возможных трасс в Тасмании, Аделаиде, Голд-Косте, Сиднее, и автомагистрали, между штатами, и преимущественно были опубликованы компанией Юницкого Transnet (Юницкий, 2013d). Эти приложения, а также бесчисленное множество статей, основанных на российских сетях, являются основой для обзора литературы, связанной с возможностью использования струнных транспортных систем для пассажирских железнодорожных перевозок в Новом Южном Уэльсе. При наличии пробелов в данных будут использоваться соответствующие ресурсы для их заполнения в целях сохранения целостности технико-экономического обоснования.

## Основные разработчики

String Technologies Unitsky (СТЮ) - это комплексная компания, ответственная за струнные транспортные системы, руководителем которой является д-р Анатолий Юницкий. Технологическая платформа СТЮ создавалась на основе различных научно-исследовательских разработок, представляющих все инновационные технологии и инфраструктуру, включая String Technologies Unitsky (STU), String Transport Systems (STS), Unitsky String Transport (UST), Transport Systems Yunitskiy (TSY) и Yunitskiy String Transport (YST), все под руководством Анатолия Юницкого (Юницкий, 2013а).

Компания вести хозяйственную деятельность в России и несет ответственность за все технологии и разработки. Сюда входят разработки в сфере железнодорожной, автомобильной и авиационной промышленности. Три дочерние компании ведут хозяйственную деятельность в Австралии. String Technologies Unitsky Pty Ltd это использование грузовых технологий, тогда как String Transport Systems Pty Ltd относится к пассажирской сфере. Компания Transnet, также принадлежащая д-ру Анатолию Юницкому, ведет хозяйственную деятельность, как в России, так и Австралии. Деятельность этой компания имеет несколько иную направленность, в отличие от String Technologies Unitsky Pty Ltd и String Transport Systems Pty, с упором на глобальную транспортную сеть. По словам Юницкого "Интернет - это глобальная информационная сеть, которая помогает перейти человечеству на новый уровень в 20-м веке. Transnet - это глобальная транспортная сеть, которая обеспечит переход человечества на следующий качественный уровень развития в 21-м веке". (Transnet , 2012а). Целью этой компании является обеспечение международной сети с подсетями в пределах каждого континента с разбросанной инфраструктурой, включая отели в рамках сети.

Вследствие большого числа компаний, созданных Юницким, с такими большим разнообразием предметных областей, преобладающим является технологическая рентабельность. Каждая компания обеспечивает реализацию различных испытаний и научно-исследовательских проектов, обеспечивая продвижение технологии к реализации.

## Ключевые инновации

Компания String Transport Unitsky имеет более 50 зарегистрированных российских и евразийских патентов за последние 20 лет (Transnet, 2012b). Стоимость технологии, включая патенты, составляла приблизительно 1-14 млрд. долларов в 2010 году (Юницкий, 2010). Это значительная сумма денег, предназначенная для технологии, которая до сих пор не реализована в виде функционирующего железнодорожного транспорта. В эту технологию сам Юницкий вложил 100 миллионов долларов.

Предполагается, что это самая современная и инновационная технология. После представления технологии Президенту России Дмитрию Медведеву в 2009 году им было отмечено, что "150 лет назад, когда было заявлено о создании локомотива, эксперты в области гужевого движения тоже сильно улыбались, как будто речь шла о какой-то ерунде. Однако, со временем появилась целая индустрия, во главе которой, между прочим, стоите вы". (Юницкий, 2009). Такое заявление от российского президента показывает, что эта технология, даже не будет реализованной в настоящее время, является инновационной, и даже если некоторые находят ее невозможной, она может представлять будущий вид транспорта, во главе с String Technologies Unitsky.

## Использование струнной транспортной системы

### Струнный рельс

Юницким были опубликованы многочисленные отчеты о технических условиях данной технологии. Несмотря на то, что большое количество этой информации является конфиденциальной, вследствие ценности для его компаний, эти публикации в действительности предоставляют технические условия, как сетей, так и подвижного состава. Это должно формировать основу для нижеуказанной подробной информации о спецификациях струнных транспортных систем.

Подробный анализ и независимые расчеты струнных транспортных систем выполнены на странице 9 настоящей работы, преимущественно основываясь на информации, предоставленной в ранее упомянутом отчете по железорудному транспорту в Австралии (String Transport Systems Limited, 2010). Вследствие детального характера и применимости этих данных для определения результатов и, наоборот, в местах, имеющих пробелы в информации Юницкого, использовалась современная методика железнодорожного и структурного проектирования.

## Использование в пассажирских железнодорожных перевозках

Междугородние железнодорожные перевозки в пределах Нового Южного Уэльса в настоящее время находятся в ведении компании New South Wales TrainLink (ранее Countrylink). Имеются четыре основные службы; Служба Движения Северного Побережья, Северо-Западная Служба Движения, Западная Служба Движения и Южная Служба Движения.

Поскольку современная сеть уже хорошо развита, железнодорожный подвижной состав Струнной Транспортной Системы мог бы быть модифицирован для работы в имеющейся сети. При этом, затраты снижаются, а скорость поезда увеличивается, в силу чего возмещение стоимости реорганизации железнодорожного подвижного состава имела перспективу к ускорению. В этом случае Новый Южный Уэльс мог бы еще раз принять сторону потенциальной технологии будущего, как уже говорил президент России Дмитрий Медведев (Юницкий, 2009).

Такое применение Струнных Транспортных Систем отличается от того, что первоначально задумал Юницкий для своей технологии, отличительным признаком работы которого являлся струнный рельс. Исключительное использование его железнодорожного подвижного состава в модифицированной форме не является подходящим способом для рассмотрения возможности реализации Струнной Транспортной Системы при наличии многих других альтернатив.

В последнее время рассматривается высокоскоростная сеть железных дорог Мельбурн - Сидней-Брисбен. В 2011 году компания AECOM возглавила консорциум консультантов в "Фазе 1 Исследования высокоскоростной железной дороги" для Управления инфраструктуры и транспорта с целью предоставления наработок о возможности применения проекта и о месте продвижения проекта. В докладе говорится, что к 2036 г. проект мог бы выйти на положительный чистый дисконтированный доход (ЧДД) и подлежит рассмотрению в плане возможности осуществления (AECOM Australia Pty Ltd, 2011).

Такое внедрение имеет значительный потенциал для Струнных Транспортных Систем, поскольку стоимость строительства меньше, а, следовательно, проект может быть выполнен ранее, исходя из ЧДД. В настоящее время поездка из города Олбери в Сидней занимает 6 часов и 38 минут (Tourisminternet, 2013). При расстоянии 553 км, эта поездка могла бы занимать до 2 часов при использовании высокоскоростной струнной сети, а также аналогичное количество времени при предлагаемой высокоскоростной железной дороге. Различие; Юницкий отмечал в своей работе, Unisky String Technologies, что надземная транспортная система, в отношении отвода земель составляет всего 2,5% от объема обычной железной дороги, 1,6% от автотранспортного и 40% от монорельсового сообщения. (Transnet, 2012b). С помощью отчета по фазе 2, выпущенного в апреле 2013 года и имеющихся данных по отводу земель, можно было бы рассчитать экономию затрат на отвод земли. В ходе исследования было определено, что расходы на отвод земли составляют 3,4% от общей стоимости, что составляло \$114 млрд. в 2012 году, Расходы на отвод земли составляют почти 4 млрд. долларов (AECOM Australia Pty Ltd, 2013). При использовании Струнных Транспортных Систем, для которых требуется отвести только 2,5% земли в сравнении с обычной железной дорогой, сэкономленная сумма составляет более 3,5 млрд. австралийских долларов. Этот пример свидетельствует об экономической целесообразности применения Струнных Транспортных Систем для пассажирских железнодорожных перевозок в Новом Южном Уэльсе.

Транспортная сеть г. Сиднея, а в частности, железнодорожная сеть, сильно перегружена. Пропускная способность во многих пунктах уже достигнута и для решения проблемы уже принимаются радикальные меры. Два текущих проекта в рамках исследования/проектного решения представляют собой легкорельсовый проект до Рэндуика, и недавно утвержденное исследование стоимостью 1000000 австралийских долларов исследование о трамвайных линиях, соединяющих Парраматту с Касл Хилл и Маккуори Парк.

Эти системы находятся в стадии исследования в связи с тем, что районы в Сиднее сильно урбанизированы. Было даже выдвинуто предложения о прокладке туннеля на участке CBD по Юго-Восточному легкорельсовому проекту, вследствие отсутствия возможности найти подходящий или широкий проход. При использовании фиксированных надземных струнных транспортных конструкций Струнные Транспортные Системы являются более подходящим. В ранее упомянутой работе по применению грузовых Струнных Транспортных систем, указывалось, что опоры для конструкций также являются небольшими, представляя собой трубы диаметром 200 мм (String Transport Systems Limited 2010), при этом напоминая что-то вроде сиднейского монорельса Сидней, оборудованного опорными балками 600 мм в ширину. Это свидетельствует о том, что Струнные Транспортные Системы имеют превосходящий вариант конструкции для такого использования. Следующим вопросом остается минимизация площади у основания.

При такой малой площади у основания, которой характеризуются Струнные Транспортные Системы, использование в городских железнодорожных сообщениях представляет собой еще одну перспективу применения для пассажирских железнодорожных перевозок в Новом Южном Уэльсе.

## Струнные Транспортные Системы в рамках альтернативных транспортных систем

Железнодорожные перевозки можно разбить на несколько различных категорий. Эти категории отличаются по различным способам железнодорожных перевозок и их использованию. Основные категории включают в себя, но не ограничиваются; легкорельсовыми, высокоскоростными железнодорожными перевозками, персональными автоматическими перевозками, обычными железнодорожными и альтернативными/устойчивыми транспортными решениями.

Струнные Транспортные Системы разрабатывались в течение нескольких лет с проектированием конструкции в зависимости от концепции, до проверенных полномасштабных испытаний с учетом возможных последствий для грузов и пассажиров. Поскольку эта технология обладает экологическими и рациональными выгодами, она вписывается в комплексный ряд альтернативных/устойчивых транспортных решений.

### Интеграция

Для успешного внедрения Струнных Транспортных Систем для пассажирских железнодорожных перевозок требуется интеграция с существующей сетью Нового Южного Уэльса. В связи с этим, информация, содержащаяся в настоящем обзоре литературы, будет использоваться для формирования основы для решения по применению Струнной транспортной системы, чтобы обеспечить наилучшее использование этой технологии при выборе для пассажирских железнодорожных перевозок в Новом Южном Уэльсе.

### Вывод

На основе изученной литературы можно убедиться, что штат Новый Южный Уэльс нуждается в технологии, улучшающей современную сеть. Провинциальная железнодорожная сети страдает от устаревшего парка подвижного состава, требующего замены, а некоторые крупные города Нового Южного Уэльса, такие как Сидней, имеют закупоренную инфраструктуру с сообщениями, практически достигшими максимальной пропускной способности. Для создания высокоскоростной трассы, соединяющей разные штаты, проводится технико-экономическое обоснование, однако для обеспечения массовых перевозок в пределах города для штата требуется альтернативный вариант.

Технология, нереализованная в какой-либо точке мира, разработанная и сформированная многими научными работами Юницкого, наглядно показывает, что существует возможность ее эффективной реализации в Новом Южном Уэльсе. В конце концов, эта работа окончательно подтверждает это.

### МЕТОДОЛОГИЯ

Желаемым результатом данной работы была оценка возможности использования Струнных Транспортных Систем для пассажирских железнодорожных перевозок в Новом Южном Уэльсе.

Был проведен детальный анализ современной литературы по обеим рассматриваемым технологиям, а также пассажирской железнодорожной сети Нового Южного Уэльса, с изложением на странице 4. Там приводятся методические рекомендации по текущей струнной транспортной системе, а также систем для нее в пределах пассажирской железной дороги в Новом Южном Уэльсе. В этом обзоре литературы также исследуется текущее состояние пассажирской железнодорожной сети Нового Южного Уэльса и предпосылки создания Струнных Транспортных Систем.

Далее прорабатывается маршрут Струнной Транспортной Системы для демонстрации возможного времени в пути при использовании данной технологии. Был выполнен проект закругляющих и прямых участков с выводом данных максимальной скорости на закруглениях и, наконец, время в пути по маршруту. Затем эти данные в сочетании с оценкой спроса использовались для получения расписания. Информация в отношении вагонов подвижного состава (к подвижному составу относятся локомотивы, грузовые вагоны, пассажирские вагоны и другие транспортные средства, используемые на железнодорожной дороге (Оксфордский словарь, 2013)) и его последующего взаимодействия с железнодорожной дорогой для этого исследования не была определена, тем не менее, предполагается, что характер движения подвижного состава будет аналогичен обычному подвижному составу (String Transport Unitksy, 2006).

Оценка спроса основывалась на данных о населении Австралийского бюро статистики в сочетании с текущей информацией об общественном транспорте по исследуемому району. Это позволило получить приближенные значения по спросу и рассматривать его как удовлетворительное при определенной степени осуществимости проекта. Перед определением окончательного маршрута может потребоваться подробная оценка спроса. Тем не менее, оценка спроса представляет собой по сути подверженный ошибкам процесс, как видно из большинства сиднейских платных дорог, а следовательно, сохраняются предпосылки использования методов аппроксимации.

На основе полученного маршрута была разработана конструкция традиционной опоры, соответствующая структурно и географически австралийским стандартам. К этой конструкции, разработанной для наихудших грунтовых условий, предполагаемых по маршруту, применялись наиболее неблагоприятные условия нагрузки в целях оценки воздействия в условиях наихудшего случая. Ключевые значения прочности и эксплуатационной надежности рассчитывались для определения коэффициента безопасности, под который при проектировании разрабатывалась структура в соответствии с австралийскими стандартами. Там, где требовалась динамическая информация, использовалась информация, определенная Юницим, поскольку динамический анализ или испытания не проводились.

На основе всей вышеуказанной информации было проведено определение стоимости строительства трассы. Обоснование стоимости было направлено на получение значения за километр, которое можно было бы сравнить с типичными значениями за километр других видов железнодорожных перевозок. Эти затраты включали: трудовые ресурсы, материалы, транспортные работы, руководство строительными работами, проектирование, ввод в эксплуатацию, отвод земли, подвижной состав, станции и депо, а также непредвиденные расходы вследствие самого по себе высокоуровневого подхода, предпринятого к проекту со степенью технической осуществимости. Для остальных железнодорожных проектов в районе Нового Южного Уэльса, а в некоторых случаях, Австралии, были выведены средние значения для получения значений по расходам на них в целях сравнения. При рассмотрении более низких эксплуатационных расходов Струнных Транспортных Систем, экономия со стороны этой технологии была колоссальной.

Затем вся информация, представленная выше, использовалась совместно для заключения о комплексной возможности технической реализации внедрения этой технологии в Новом Южном Уэльсе для использования в пассажирских железнодорожных перевозках.

## ВЫБОР СЦЕНАРИЕВ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ

При рассмотрении Струнных Транспортных Систем для использования в пассажирских железнодорожных перевозках, в обзоре литературы исключалось применение в провинциальных железнодорожных перевозках. Оставшиеся два варианта представляют собой городские железнодорожные и высокоскоростные железнодорожные перевозки.

При рассмотрении городского железнодорожного транспорта будет учитываться городская железнодорожная сеть Сиднея. Эта сеть достигает в настоящее время полной мощности во многих местах, а в связи с высоким уровнем урбанизации, многие места в настоящее время не доступны железнодорожным транспортом. Чтобы достичь необходимых пунктов назначения в целях развития современной сети до района Хиллс г. Сиднея, Северо-Западная железнодорожная линия, требуется туннель протяженностью 15 км (Транспорт для Нового Южного Уэльса, 2013а). Восточные пригороды Сиднея также не имеют железной дороги вследствие высокого уровня урбанизации. Для них существуют планы внедрения легкорельсовой сети, что обеспечило бы снятие перегруженности с общественного транспорта в этой области.

Для Струнных Транспортных Систем характерны надземные конструкции, а с учетом высокого уровня урбанизации они прекрасно подходят для такого применения. Конструкции располагаются с интервалом от 10 до 25 метров по проекту, поэтому площадь основания будет достаточно малой, чтобы воздействовать в значительной степени на урбанизированные районы.

Современная городская железнодорожная сеть достаточно устоявшаяся, тем не менее ограниченные возможности для дальнейшего расширения в городских районах все же имеются. Струнные Транспортные Системы представляют собой альтернативу для расширения в этих областях, однако, вследствие совместимости между Струнными Транспортными Системами и имеющейся сетью, Струнные Транспортные Системы были бы необходимы в качестве автономной сети с транспортными развязками, что позволило бы эффективно интегрировать ее в схему общественного транспорта Сиднея.

Учитывая явный спрос на новую технологию, как Струнные Транспортные Системы, используемую в городской железной дороге, высокоскоростное железнодорожное сообщение, следовательно, не будет учитываться. Спрос на высокоскоростное железнодорожное сообщение в Австралии существует, однако, учитывая его настоящий негативный ЧДД, он не должен учитываться.

При рассмотрении вышеуказанной информации становится ясно, что наиболее увязываемое и целесообразное использование Струнных Транспортных Систем могло бы выражаться в виде отдельной трассы или сети в высоко урбанизированном районе, где создание обычных железнодорожных линий не представляется возможным, или не являлось бы экономически эффективным вариантом. Такое предложение будет служить основой для последующих глав.

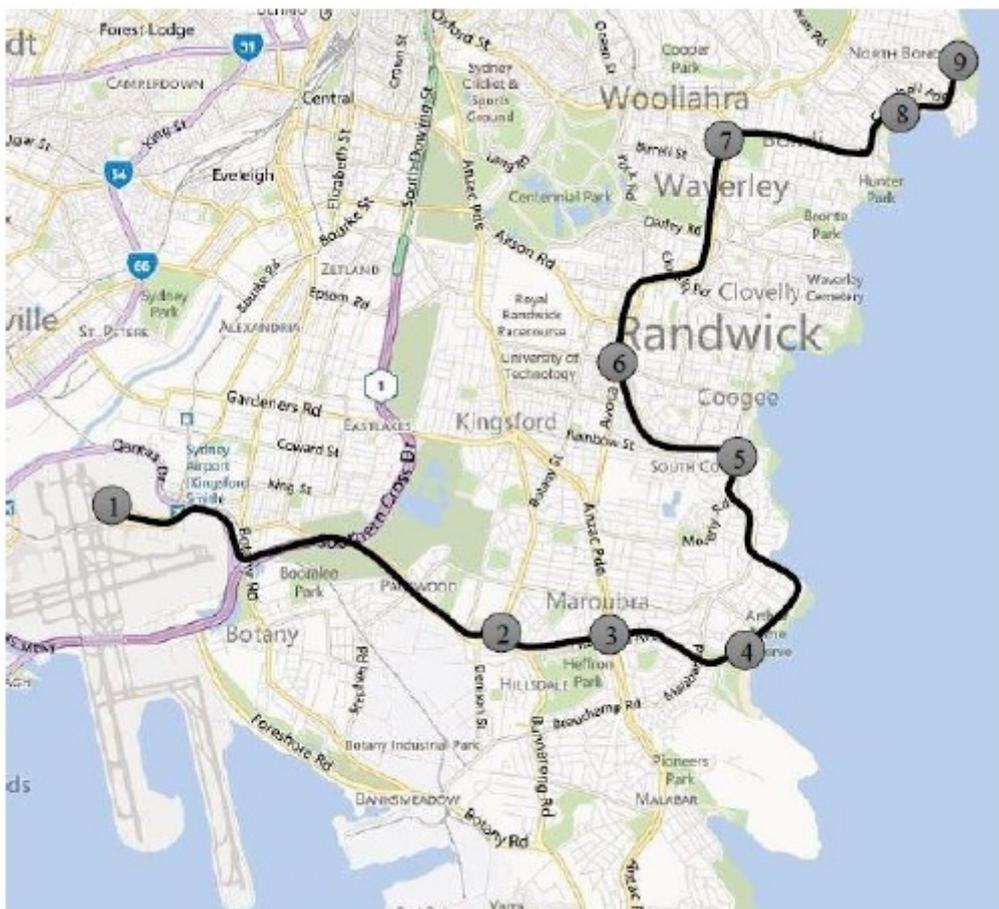
## ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАРШРУТА

Проект сети в этом случае представляет собой трассу "туда и обратно", а не сеть с конечной станцией на каждом конце. Маршрут соединяет пригороды Бонди, Стык Бонди, Рандвик, Куги, Марубра Бич, Стык Марубра, и Истгарденс с Аэропортом Сиднея.

Большая приверженность пользователей и малый временной интервал привели бы к большому количеству пассажиров на каждой станции. Это и послужило основой для выбора местоположения станций, по одной в каждом из ранее упомянутых пригородов. Такие станции располагались бы в имеющихся конечных пунктах автобусной сети Сиднея или на крупных автобусных остановках. Каждая из них также находилась бы в центре спроса, например, станция Истгарденс, располагаемая в Вестфилд Истгарденс.

Как видно на рисунке 1 ниже, трасса имеет более длинные закругления в большей части районов, обеспечивая режимы высокоскоростной транспортировки, облегчая ускорение/замедление. Имея меньшее количество остановок по сравнению с автобусным маршрутом, время в пути между конечными пунктами будет гораздо меньшим, чем у обычных автобусов.

Аэропорт Сиднея и Стык Бонди соединяется автобусным маршрутом № 400 (с сентября 2013 г.). Этот маршрут занимает 45 минут при минимальном потоке (Правительство Нового Южного Уэльса, 2013 г.), составляя приблизительное время достижения Бонди Бич один час.



Горизонтальное выравнивание трассы, представленной на рисунке 1, состоит из 22 закруглений, радиус которых колеблется от 250 м до 2 км, а также 10 прямых участков. Максимальное использование закруглений, в отличие от прямолинейного участка, несмотря на трудности постройки, применяется в эстетических целях для имитации центроиды береговой линии Сиднея. Тем не менее, трасса стремится к центральной линии, в частности разделительной полосе основных дорог ввиду незначительных отводов земель, которые потребуются для этого.

В таблице 1 представлены следующие максимальные скорости, рассчитанные для заданных радиусов закруглений.

Рисунок 1: Предлагаемый маршрут между Аэропортом Кингсфорд-Смит и Бонди Бич

Таблица 1 Максимальная скорость на закруглениях

Радиус закругления (м)	2200	1000	750	650	500	350	250	Прямой участок
Максимальная скорость (мс-1)	28,00	28,00	24,00	22,00	19,00	16,00	14,00	28,00

Для определения приблизительного спроса на вышеуказанный маршрут будут учитываться имеющиеся железнодорожные, авиа и автобусные службы наряду с информацией о населении Австралийского бюро статистики. Для аппроксимации спроса к имеющимся ежечасным услугам по перевозке от аэропорта будет применяться население восточных пригородов в проценте от общего населения Сиднея.

В настоящее время от аэропорта до центральной части с 4:56 утра по 12:54 утра используется 131 поезд (AirportLink, 2013). Данные транспортные услуги оказываются 8 перевозящими комплексами, которые способны перевозить до 1000 пассажиров каждый (Sydney Trains, 2013). Также в восточном пригороде Сиднея каждый день по автобусному маршруту №400 курсирует 54 автобуса (Sydney Trains, 2013b) с 5:29 утра по 11:58 вечера, каждый вместимостью 58 пассажиров (Sydney Trains, 2013a).

Данные, предоставленные Австралийским бюро статистики, использовались для подсчета населения восточных пригородов Сиднея что, в свою очередь, составляет процент от общей численности населения Сиднея. Тем не менее, статистика численности населения была предоставлена только для окружных районов, таким образом, будут включены округа, которые находятся в пределах проектируемой трассы. Население восточных пригородов Сиднея составляло 6,4% от общей численности населения Сиднея в количестве 306 950 жителей (Австралийское бюро статистики, 2012). Для определения количества транспортных услуг в час при использовании Струнных Транспортных Систем, имеющиеся услуги поддерживались в том же соотношении услуг в час, однако только при 6,4% приверженности пользователей в ходе сравнения с текущей пропускной способностью.

Учитывая такой спрос, было решено использовать 5 перевозящих комплексов при использовании подвижного состава с вагонами, имеющими вместимость 20 человек, как определено Юницким. Это позволило бы каждому поезду вмещать 100 человек. В результате потребовалось бы максимально 8 поездов в час, в дневной час пик с 5 до 7 вечера. Максимальные допустимые транспортные услуги в час, рассчитанные на основе времени пребывания в пути и надлежащего временного интервала, составляли бы 10 рейсов в час, соответствуя рассчитанному спросу.

Исходя из этой информации, можно составить предполагаемое недельное расписание. В общей сложности 123 рейсов в день, с пропускной способностью 12 300 пассажиров. Расписание подходит для оценки спроса с 4-часовым периодом простоя в ночное время для проведения планового технического обслуживания аналогично порядку, определенному Sydney Train.

### Краткий обзор трассы

При принятии решения по проектированию трассы в городской среде Нового Южного Уэльса, был разработан эффективный маршрут от Аэропорта Кингсфорд-Смит и Бонди Бич. По расчетам поездка занимала бы только 25 минут и характеризовалась более высокой скоростью, чем обычно с использованием легкорельсовых транспортных средств и личных транспортных средств. Это то, что Юницкий отметил в качестве одного из основных преимуществ такой технологии. В таблице 2 ниже представлено сравнение времени пребывания в пути при использовании личного транспортного средства (Google, 2013) и существующих вариантов общественного транспорта (Правительство НЮУ, 2013) при использовании Струнных Транспортных Систем по достижению каждой станции из Сиднейского Аэропорта Кингсфорд-Смит. Насколько видно, время пребывания в пути по маршруту Струнной Транспортной Системы, значительно превосходит время пребывания в пути по сравнению с существующими вариантами общественного транспорта. Маршрут также превосходит по эффективности личный автомобиль во всех пунктах, за исключением конечного пункта Норт Бонди.

**Таблица 2 Сравнение времени в пути**

Станция	Личный транспорт (мин)	Общественный транспорт 2013 г. (мин)	Струнные транспортные системы (мин)
Истгарденс	11:00	24:00	3:58
Стык Марубра	13:00	26:00	6:28
Марубра Бич	17:00	36:00	8:56
Куги Бич	18:00	36:00	12:42
Рандвик	16:00	34:00	15:31
Стык Бонди	20:00	28:00	19:15
Бонди Бич	23:00	42:00	22:08
Конечная станция Норт Бонди	24:00	45:00	24:17

При более высоких скоростях, чтобы удовлетворить предполагаемый спрос до 12300 пассажиров в день, могут выполняться 123 рейса в день. Пассажиры смогут пересаживаться на крупных транспортных развязках в пределах восточных пригородов Сиднея, связывающих более 80 автобусных маршрутов.

Такой маршрут представляет собой наилучшее применение Струнных Транспортных Систем, обеспечивая перевозку не только больших объемов пассажиров, а также способствуя заполнению незанятым железной дорогой пространства в пределах восточных пригородов Сиднея.

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Чтобы обеспечить достоверность при сравнении Струнных Транспортных Систем со стандартными видами железной дороги, нагрузки, которые будут применяться к конструкции при проектировании, представляют собой нормативные нагрузки, учитываемые при проектировании стандартных железных дорог.

Расчет и детальный анализ динамических нагрузок выходит за рамки настоящей работы статьи и подлежит дальнейшему исследованию. При отсутствии данных, информация выбиралась из отчетов String Technologies Unitsky или выполнялись основные расчеты.

Вследствие небольшого размера конструкции и испытываемых больших вертикальных и горизонтальных нагрузках, воздействия ветра в расчет не принимались. Предполагается, что воздействие ветра на конструкцию такого размера и такой проектной прочности является незначительным. Несмотря на это, String Technologies Unitsky провела многочисленные испытания в аэродинамической трубе на базе Центрального научно-исследовательского института им. Крылова в Санкт-Петербурге, Россия, используя 1:5 масштабные модели. Испытания показали, что поезд, идущий на скорости 250 км/ч при боковом ветре 200 км/ч, не может нарушить контакт колес с рельсами и вызвать сход. (String Transport Unitsky, 2006). С учетом самого сильного порыва ветра зарегистрированного когда-либо на материковом Новом Южном Уэльсе, который составил 174 км/ч (Бюро метеорологии, 2013), вышеупомянутое предположение, принято считать соответствующим требованиям.

### Фундамент

Основные методы проектирования фундамента будут использоваться для проектирования фундамента под стандартную опорную конструкцию. Основные факторы, которые необходимо учитывать, включают в себя поведение фундамента под нагрузкой, тип фундамента, а также расчетные свойства грунта в восточных пригородах Сиднея.

Австралийский стандарт на сваи AS 2159-2009: Забивка свай - проектирование и установка (Австралийский стандарт, 2009). Этот стандарт обуславливает учет нагрузки на основе стандарта AS1170.1. Стандарт также предписывает проектирование стальных свай в соответствии со стандартом AS4100 с учетом допуска на коррозию сваи.

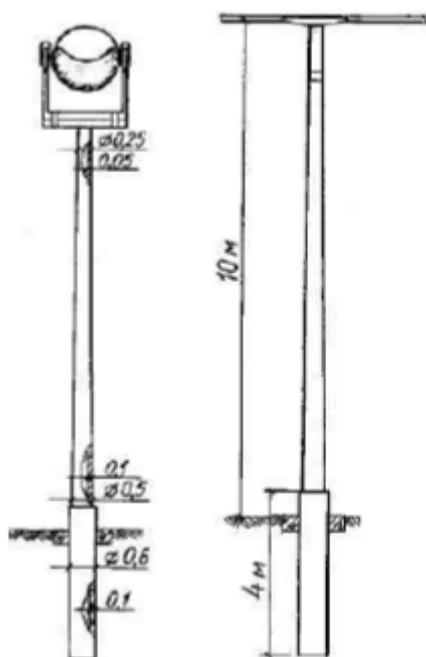


Рисунок 2: Предлагаемый фундамент и опора - геометрические свойства (Юницкий, 2000)

Анатолий Юницкий определил в своей предварительной проектной работе, что фундамент должен достигать 4 метра в длину, имея диаметр 600мм и толщину 10 мм. (Юницкий, 2010). На рисунке 2 показаны эти геометрические свойства, предложенные для стандартной опоры, включая фундамент.

При этом такая конструкция будет включать в себя оба пути, поддерживаемые на одной колонне. Таким образом, будет использоваться конструкция, показанная на рисунке 3 (свая не показана). В этой конструкции будет опять же применяться монополюсное проектирование, но диаметр основания составит 1,0 метр, а длина 7 метров.

Различные типы фундаментов, используемые при проектировании. Этот предварительный проект будет реализован в песке средней плотности г. Сидней, поскольку песок является самым распространенным материалом, находящимся в целевой области (Лаборатория окружающей среды и почвы Сиднея, 2007). Песок средней плотности также является довольно рыхлым, и, следовательно, конструкция будет считаться стабильной, если она соответствует свойствам песка средней плотности.

Типичный сиднейский песок средней плотности был определен благодаря пространственным испытаниям на коэффициент связности 0 и угол естественного откоса 41.42 ° (Харгрейвс, 2011).

Это испытание было проведено в осушенных и неосушенных условиях с помощью анализа предельной прямой Мора - Кулона. Другими полезными значениями песка средней плотности при использовании забивных свай являются  $K_{tan\delta}=1,0$  и  $N_q=100$  (Taiebat, 2012).

Были определены и представлены в таблице 3 ниже нагрузки, прилагаемые к свае. Допустимые нагрузки и коэффициенты запаса прочности также представлены в таблице 4.

Таблица 3 Нагрузка на сваю

Нагрузка	Значение
$p^*$	390.286 кН
$M^*$	721.020 кН.м
$H^*$	270.020 кН

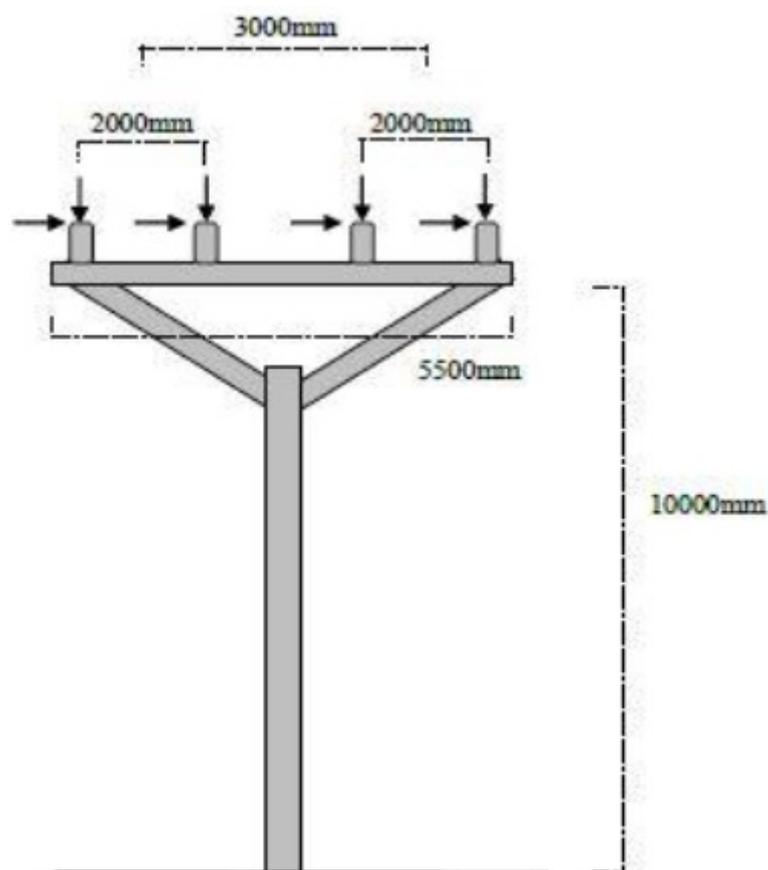
Таблица 4 Несущая способность сваи

Несущая способность	Требуемая	Величина	Коэффициент безопасности
Осевая несущая способность	$P^* \leq \phi g P_u$	$\phi g P_u = 2,256.29 \text{ кН.м}$	5,78
Боковая несущая способность	$H^* \leq H_u$	$H_u = 348.291 \text{ кН.м}$	1,29

### Опора

Конструкция опор основывается на наиболее неблагоприятных условиях загрузки, которым подвергаются опоры. Конструкция выполнена из стали таким образом, чтобы конструкция соответствовала австралийскому стандарту 4100 - Стальных конструкции (Стандарты Австралии, 1998).

Существуют два типа опор, используемых в конструкции Струнных Транспортных Систем. Первые используются каждый километр и обеспечивают натяжение струны между ними. Они будут называться натяжными опорами. Второй тип представляет собой промежуточные опоры, устанавливаемые с интервалом каждые 10-25 метров, и используемые для устранения эффекта провисания на конструкцию.



Была разработана сингулярная опора, которая будет иметь конструкцию промежуточной опоры без учета натяжного блока, что могло бы потребоваться в натяжных опорах. Поскольку натяжение будет происходить в обоих направлениях на такой опоре, то какая-либо чистая горизонтальная сила будет отсутствовать, единственным требованием будет несущая способность блока. Тем не менее, здесь могут оказываться побочные воздействия на опору со стороны подвижного состава, движущегося мимо, однако этот динамический анализ будет обуславливаться дополнительным исследованием. Стандартная опора будет считаться соответствующей для таких опор, при условии включения натяжного блока. В этом случае действие конструкции будет напоминать канатный висячий мост.

Конструкция показана слева. Следующие значения допустимой нагрузки и коэффициентов запаса прочности балки были определены и представлены в таблице 5: Расчетная допустимая нагрузка балки.

Рисунок 3: Конструкция стандартной опоры

Таблица 5 Расчетная несущая способность балки

Мощность	Требуемая	Значение	Запас прочности
Несущая способность профиля	$Mx^* \leq \phi Msx$	$\phi Msx=1,101.643 \text{ кН.м}$	4,75
Стойкость к изгибу	$Mx^* \leq \phi Mbх$	$\phi Mbх=776.483 \text{ кН.м}$	3,35
Мощность сдвига стержня	$V^* \leq \phi Vv$	$\phi Vv=1,102.702 \text{ кН}$	5,96
Воздействие изгиба и сдвига	$V^* \leq \phi Vvm$	$\phi Vvm=1,102.702 \text{ кН}$	5,96
Несущая способность	$R^* \leq \phi Rb$	$\phi Rb=605.797 \text{ кН}$	3,28

Следующие значения расчетной допустимой нагрузки и коэффициентов запаса прочности были определены и представлены в таблице 6: Расчетные допустимые нагрузки колонны

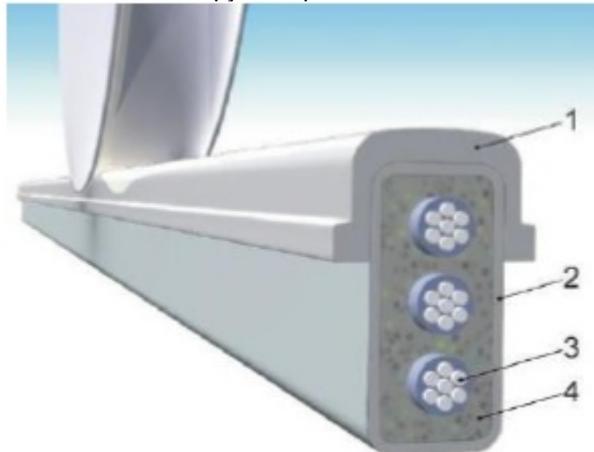
Таблица 6 Расчетная несущая способность колонны

Мощность	Требуемая	Проектирование	Запас прочности
Несущая способность профиля для элемента, подверженного совместному воздействию			
Сжатие	$N^* \leq \phi Ns$	$\phi Ns=6,237 \text{ кН}$	15,98
Одноосевой изгиб около оси x	$M^* \leq \phi Mrx$	$\phi Mrx=900.630 \text{ кН.м}$	1,25
Одноосевой изгиб около оси y	$M^* \leq \phi Mry$	$\phi Mry=900.630 \text{ кН.м}$	6,36
Стойкость к двухосному изгибу	$(Mx^* \phi Mrx + My^* \phi Mry + N^* \phi Ns) \leq 1$	$(Mx^* \phi Mrx + My^* \phi Mry + N^* \phi Ns) = 0,905$	
<b>Несущая способность элементов для элемента, подверженного совместному воздействию</b>			
Сжатие	$N^* \leq \phi Nc$	$\phi Nc=6,052.149 \text{ кН}$	15,51
Несущая способность в одной плоскости около оси x	$M^* \leq \phi Mix$	$\phi Mix=891.910 \text{ кН.м}$	1,24
Несущая способность в одной плоскости около оси y	$M^* \leq \phi Miy$	$\phi Miy=891.910 \text{ кН.м}$	6,30
Несущая способность вне плоскости	$M \leq \phi Mox$	$\phi Mox=940.273 \text{ кН.м}$	1,30
Двухосный изгиб	$((Mx^* \phi Mox)^{1.4} + (My^* \phi Miy)^{1.4}) \leq 1$	$((Mx^* \phi Mox)^{1.4} + (My^* \phi Miy)^{1.4}) \leq 0,754$	

**Струнные рельсы**

Как было замечено во введении, струнные рельсы представляют собой именно то, что делает Струнные Транспортные Системы такими уникальным. Это характерная особенность, которая отличает ее от обычной железной дороги. В этой главе представлена конструкция струнных рельсов вместе с выгодами и ограничивающими условиями технологии.

Чем отличается струнный рельс?



Струнный рельс состоит из 3 сильно натянутых стальных тросов, залитых бетонным «наполнителем» с стальной головкой рельса в верхней части. Такие струны натягиваются с интервалом в 1 км (String Transport Unitksy, 2006), таким образом, чтобы для их поддержки на всем пути использовались промежуточные опоры. Типовое сечение струнного рельса показано на рисунке 4.

Стальные тросы внутри струнного рельса натягиваются с 1 км интервалом, каждый струнный рельс натягивается в общей сложности до 250 тонн (250 000 килограмм-силы) (String Transport Unitksy, 2006). Каждая струна состоит из 3 стальных тросов, каждый из которых впоследствии натягивается Рисунок 4: Поперечное сечение струнного рельса (Юницкий, 2006) до силы 83333,33 кг-силы (816,67 кН).

Предлагается использовать струну диаметром 35 мм, однако, чтобы конструкция соответствовала стандарту 4672,1: 2007 - Стальные напрягаемые материалы, часть 1: Общие требования (Стандарты Австралии/Стандарты Новой Зеландии, 2007), то будет использоваться 36 мм струна.

Благодаря использованию 7 струнных жил, каждая из которых имеет жилы размером 11,1 мм, диаметр 36 мм может быть достигнут с помощью наполнителя;

Минимальное разрывное усилие =  $7 \cdot 138 \text{ кН} = 966 \text{ кН}$

Нагрузка, действующая на струну в вертикальном направлении, включает подвижной состав и собственный вес. Каждый из них будет рассматриваться как равномерно распределенная нагрузка. И опять же каждая нагрузка учитывалась в соответствии с требованиями Австралийского Стандарта 1170 (Стандарты Австралии, 2009b).

Подвижной состав =  $1,5 \cdot 1,717 = 2,575 \text{ кН/м}$  на струну

Струна (бетон) =  $1,35 \cdot 0,638 = 0,861 \text{ кН/м}$

Струна (стальная жила) =  $1,35 \cdot 0,040 = 0,054 \text{ кН/м}$

Величина отклонения, вызванного «провисанием» в струне, определяется на основе методов расчета, используемых при расчетах электрического кабеля ВН, поскольку струнный рельс точно имитирует динамические характеристики таких ВН проводов. Расчет такого прогиба, включает в себя только соответствующие равномерно распределенные стальные нагрузки, бетон внутри стального рельса будет добавлен к расчетам прогиба позже в качестве статической нагрузки.

Среднее провисание пролета (S) =  $WL^2/8T = 3,98 \text{ мм}$

$W = 0,054 \text{ кН/м}$

$L = 25 \text{ м}$

$T = 816,667 \text{ кН}$

Такой прогиб конструкции считается удовлетворительным, поскольку обеспечивает максимальное вертикальное ускорение 0,138 мс<sup>-2</sup>. Это немного выше методических рекомендаций для стандартной железной дороги, Часть 2 Проектирование и обоснование стоимости, предлагающих предел 0,1 мс<sup>2</sup> (Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, inc., 1999). Для обеспечения комфортной езды пассажиров, путешествующих по маршруту, подвижному составу требуется увлажнение или переоценка натяжения струны.

Краткое описание конструкции

Основываясь на самых неблагоприятных условиях нагрузки, конструкция типичной опоры была признана удовлетворительной при проектировании в соответствии с Австралийскими Стандартами по коэффициенту запаса прочности между 1,25 и 16. Были использованы стандартно доступные UB and CHS самого большого размера, однако при увеличении расчетной нагрузки по какой-либо причине или при принятии коэффициента запаса прочности несоответствующим, в конструкции могут использовать сварные балки и сварные колонны, более прочный вариант.

Фундамент также оказался удовлетворительным по степени осуществимости конструкции, коэффициент запаса прочности которого от 1,3 до 6 также оказался удовлетворительным. Данный расчет выполнялся только при проектировании в песках средней плотности, поэтому в отношении динамических характеристик сваи в других типах почв, таких как глина, необходимы дополнительные исследования.

Струна также показывает удовлетворительные рабочие характеристики при проектировании в соответствии с Австралийскими Стандартами, образовывая прогибы в середине пролета, что в результате обеспечивает гладкую и комфортную поездку для подвижного состава, движущегося сверху. Стальные тросы при натяжении являются удовлетворительными только по небольшому коэффициенту запаса прочности в отношении разрывного усилия. Вследствие крайней степени использования струнного рельса, это может считаться неприемлемым. Проектирование с использованием стального троса для судостроения, а не стального троса общего назначения, будет увеличивать разрывное усилие троса с отражением по коэффициенту запаса прочности, устраняя эту проблему.

Если сравнивать расчетные конструкции Юницкого, представленные в нескольких технических документах и на рисунке 3, конструкция и фундамент, показанные здесь, имеют немного больший размер. Это связано с более устойчивыми нагрузками, принимаемыми при этом расчете, а также более щадящими методами проектирования, используемыми в Австралийских Стандартах по сравнению с Российскими нормами строительства.

## АНАЛИЗ ЗАТРАТ ПРЕДЛАГАЕМОЙ СТРУННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

### Введение

В любом государственном проекте (прежде всего, то, чем Струнные Транспортные Системы станут в этой предметной области), одним из ключевых факторов по его реализации будет цена. Целью этой главы является расшифровка затрат на создание трассы Струнной Транспортной Системы, а также изучение основных эксплуатационных затрат для обеспечения сравнения с другими видами железной дороги, используемыми в настоящее время в Новом Южном Уэльсе. Основные рассматриваемые затраты, включают; материалы, трудовые ресурсы, подвижной состав, инфраструктуру, подвижного состава, проектирование, ввод в эксплуатацию, регулирование движения транспорта и непредвиденные расходы. Они подробно описываются в следующих подразделах. Там, где основанием для затрат служила ранее полученная информация, использовался калькулятор инфляции Австралийского бюро статистики CPI, чтобы преобразовать значения эквивалентно австралийскому доллару на июнь 2013 г. (Австралийское бюро статистики, 2013 г.). Если затраты не выражались в австралийских долларах, они конвертировались в австралийские доллары на момент указания затрат с использованием конвертера валют на сайте Обмена иностранной валюты (Обмен иностранной валюты, 2013).

Все затраты, указанные ниже, считаются заниженными на этапе технико-экономического обоснования, а все значения берутся максимальными в случаях множественных возможных затрат.

### Стоимость строительства

Составляющие стоимости строительства сети Струнной Транспортной Системы приведены ниже в таблице 7. В таблице обобщена общая стоимость строительства рассматриваемой трассы.

**Таблица 7 Стоимость строительства СТС**

Пункт	Цена за единицу (австралийский доллар)	Количество единиц	Общая стоимость (миллионов австралийских долларов)
610UB152	2 076,50	1 270 штук	2,64
502CHS12.1	2 210,00	1 270 штук	2,81
Свая 1000x7000	2 275,00	1 270 штук	2,89
Трос 35мм	49,00	245142,86 метров	12,01
Бетон	100,75	2215,57 м <sup>3</sup>	0,22
Материалы (дополнительно)	1 000,00	1 270 штук	1,27

Строительные работы	4 000 000,00	20,43 км	81,71
Станции	133 506	7 штук	0,93
Конечные пункты	5 562 750,00	1,5 штук	8,34
Управление потоком/участком и т.д.	1 400 000,00	20,43 км	28,60
Проектирование и ввод в эксплуатацию	148 543 444,58	9%	13,37
Отвод земель	-	-	4,09
Итого	-	-	161,91
Непредвиденные расходы	161 912 354,59	50%	80,96
Итого, включая непредвиденные расходы	-	-	242,87

### Эксплуатация

Для учета всех издержек за весь срок службы, с целью эффективного представления стоимости реализации этой системы, необходимо учитывать стоимость эксплуатации. Подробную калькуляцию затрат на такую эксплуатацию необходимо выполнять при выборе подвижного состава и последующем взаимодействии с железнодорожным транспортом. Подробная калькуляция затрат на эксплуатацию не входит в рамки данной работы и подлежит дополнительному исследованию, тем не менее, компанией String Technologies Unitsky уже была определена ориентировочная стоимость, которая будет использоваться для сравнения с обычной железной дорогой.

С учетом оценки спроса, представленной на странице 7, и цены на дизельное топливо \$1,60 за литр (Австралийский институт нефти, 2013), стоимость топлива в год рассчитывалась по трем видам транспорта. Эти затраты представлены в таблице 8 ниже. Стоимость будет иметь значительную волатильность, однако, так как она напрямую соотносится с ценой дизельного топлива, соотношение затрат между видами будет аналогичным.

Таблица 8 Сравнение стоимости топлива

Вид транспорта	Требуемое топливо в год (литры)	Стоимость топлива в год (австралийский доллар)
Струнные транспортные системы	73 371,26	117 394,00
Стандартный рельс	733 712,60	1 173 940,00
Пассажирское транспортное средство	2 445 709,00	3 913 134,00

### Вывод стоимости

Как видно, общая стоимость этой трассы "туда и обратно" протяженностью 20,42 км составляет 242,87 млн. австралийских долларов. Это приравнивается к 11,89 млн. австралийских долларов за путь. На рисунке 5 ниже представлены типичные значения по проектам обычного железнодорожного транспорта, легкорельсового транспорта, монорельса и персонального скоростного транспорта по Новому Южному Уэльсу прилегающему району Австралии. Каждая цена повторно преобразуется в австралийские доллары по курсу 2013 г.

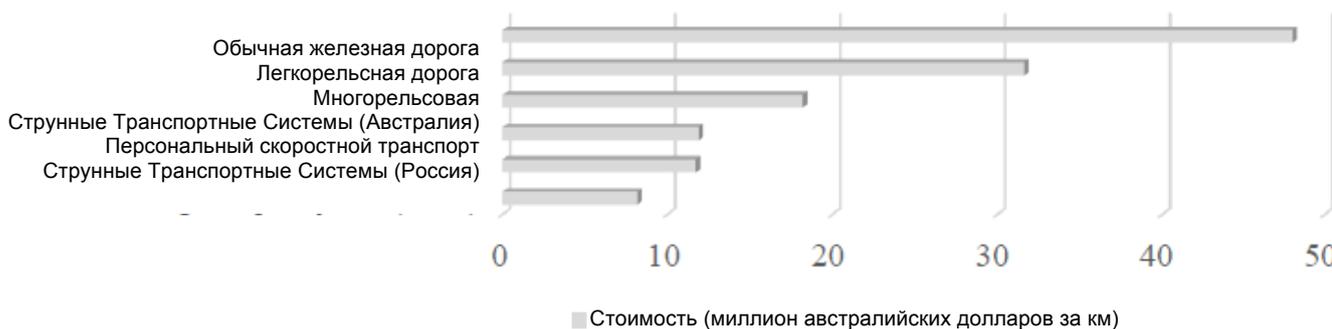


Рисунок 5: Сравнение стоимости строительства СТС

Как видно, налицо огромная экономия при использовании Струнных Транспортных Систем. С учетом заниженной калькуляции и большим значением непредвиденных расходов, их стоимость остается более низкой по сравнению со всеми способами передвижения, за исключением системы скоростных пассажирских перевозок. Однако, система скоростных пассажирских перевозок очень отличается по технологии и в условиях вышеуказанной трассы, это был бы неосуществимый проект, так как требуется задействовать большое количество земельных территорий.

## Сводная информация

Расходы, связанные со строительством струнной транспортной системы для выбранной трассы в восточном, намного ниже, чем другие железнодорожные варианты, представленные на рисунке 5. Вместе с более низкими затратами на строительство также идет сокращение времени строительства, что позволяет возводить и запускать объект, аналогичный этому быстрее, достигая положительного ЧДД за более короткий период времени.

Г-ном Юницким были определены затраты на строительство для сети миниСТЮ, аналогичной системы, которая проектируется здесь, в 8,17 млн. австралийских долларов за километр (String Транспорт Unitksy, 2006). Различия в стоимости между этим проектом и стоимостью 11,89 млн. австралийских долларов за километр, как показано в таблице 7, объясняются рядом причин. Например, конструкция спроектирована в соответствии с Австралийскими Стандартами, не такими завышенными стандартами, а, следовательно, конструкция может быть большей по сравнению с российскими стандартами, что приводит к увеличению материальных затрат. Стоимость рабочей силы в Австралии также выше, чем в России. Маршрут, разработанный в этом случае, также содержит закругления, проходящие через высоко урбанизированных районы. По сравнению с прямой трассой, в районах с минимальными затратами на отвод земель, затраты, как видно, действительно низкие.

## РЕКОМЕНДАЦИЯ/ТЭО

Сеть пассажирских железнодорожных перевозок Нового Южного Уэльса нуждается в альтернативных технологиях для оказания содействия в обслуживании высоко урбанизированных районов, в общественном транспорте пониженной производительности. Настоящей работой рекомендуется использовать Струнные Транспортные Системы в качестве альтернативы обычным железнодорожным системам.

Методология, изложенная в настоящем документе, обеспечивает эффективную платформу для вывода заключения о целесообразности внедрения Струнных Транспортных Систем для пассажирских железнодорожных перевозок в Новом Южном Уэльсе. Анализ потребностей до разработки трассы позволил разработать наиболее подходящий маршрут, а с помощью подробной информации о данном маршруте может быть проведена оценка затрат. Вышеуказанное в сочетании с навыками проектирования и строительства гражданских объектов, а также управления проектами для проведения технико-экономического обоснования, позволило составить отчет аналогичный промышленному.

Предлагаемая трасса с использованием Струнной Транспортной Системы проходит от Аэропорта Кингсфорд-Смит г. Сиднея до Бонди Бич. Данное решение основывалось на существующих потребностях сети пассажирского железнодорожного транспорта Нового Южного Уэльса при рассмотрении провинциального железнодорожного, высокоскоростного железнодорожного и городского железнодорожного транспорта. Трасса был рассчитан на перевозку 12 300 пассажиров в день, исходя из оценки спроса с возможностью увеличения до 80000 пассажиров в день. Такие возможности позволяют предположить, что трасса будет удовлетворять растущему населению г.Сиднея в будущем, а также спросу на пляжи в восточных пригородах г. Сидней в летние месяцы.

Трасса протяженностью 20,42 км также имеют превосходные показатели, достигая Бонди Бич менее чем за 25 минут, что быстрее других видов общественного транспорта, а также поездок личным транспортом. Трасса состоит из 7 станций между двумя конечными пунктами, закруглений с радиусом от 250 м до 2,200 м. Эти 7 станций соединяются с развязками общественного транспортными по маршруту, с интервалом расположения станций от 1,1 км до 4,8 км.

Типичная опорная конструкция Струнной Транспортной Системы, спроектированная в соответствии с Австралийскими стандартами, была признана удовлетворительной. Была разработана типичная опора, в которой использовались сваи 610UB152, 502CHS12.1 и сваи диаметром 1000 мм, что также позволяло оптимизировать эти элементы для экономически эффективного проекта. Несмотря на наличие различий в спецификации, первоначально представленной Юницким, и предлагаемой конструкцией, соответствующей Австралийским стандартам, увеличенный размер конструкции можно отнести к заниженной конструкции и нагрузке. В этом случае более эффективные решения могут быть обеспечены дополнительным динамическим анализом, а также проведением испытаний в Австралии.

Анализом затрат на строительство было установлено, что стоимость трассы струнной транспортной системы протяженностью 1 км составляет 11,89 млн. австралийских долларов. По сравнению с традиционной железной дорогой экономия составила более 75% и 35-62% по сравнению с монорельсовой и легкорельсовой дорогой. Настоящим независимым анализом установлено, что расходы на 40% выше, чем определено Юницким. Такое расхождение опять же объясняется заниженным проектированием, и повышением затрат на материалы и рабочую силу в Австралии по сравнению с Россией. С точки зрения эксплуатации, Струнные Транспортные Системы также экономически выгодные по сравнению с обычным железнодорожным транспортом с более чем 90% меньшим расходом топлива на одного пассажира и 70% сокращением выбросов. Потенциальные финансовые выгоды от использования этой технологии, способствуют принятию решения о целесообразности внедрения Струнных Транспортных Систем для пассажирских железнодорожных перевозок в Новом Южном Уэльсе.

Исходя из потребности в альтернативном виде технологии в пределах городской железнодорожной сети г. Сиднея, а также взаимосвязанного спроса, проектирования конструкций и калькуляции затрат на Струнные Транспортные Системы, реализация является экономически целесообразной. Эксплуатационные качества в плане времени пребывания в пути и обслуживания по требованию, превосходят нынешние доступные методы, а финансовые и экологические преимущества представляют собой наилучший выбор для альтернативной технологии железнодорожного транспорта.

Был сделан вывод, что в перспективе может быть начато дальнейшее исследование по проектированию полномасштабного маршрута для реализации этой технологии в различных железнодорожных системах на территории Австралии.

Для получения полной копии этого документа, представленной здесь в виде конференции, пожалуйста, сообщите на [hargravesa@pbworld.com](mailto:hargravesa@pbworld.com)

## REFERENCES

- AECOM Australia Pty Ltd, 2011. *High Speed Rail Study - Phase 1*, Canberra: Department of Infrastructure and Transport.
- AECOM Australia Pty Ltd, 2013. *High Speed Rail Study Phase 2 Report*, Canberra: Australia Government Department of Infrastructure and Transport.
- AirportLink, 2013. *Airport to City - Weekdays*. [Online] Available at: <http://www.airportlink.com.au/time-table-to-city-weekdays.php> [Accessed 10 10 2013].
- Australian Bureau of Statistics, 2012. *3128.0 Regional Population Growth, Australia*, Canberra: Australian Bureau of Statistics.
- Australian Bureau of Statistics, 2013. *Consumer Price Index Inflation Calculator*. [Online] Available at: <http://www.abs.gov.au/websitedbs/d3310114.nsf/home/cons+umer+price+index+inflation+calculator> [Accessed 10 10 2013].
- Australian Institute of Petroleum, 2013. *Weekly Diesel Price Report*. [Online] Available at: [http://www.aip.com.au/pricing/facts/Weekly\\_Diesel\\_Prices\\_Report.htm](http://www.aip.com.au/pricing/facts/Weekly_Diesel_Prices_Report.htm) [Accessed 20 10 2013].
- Bureau of Meteorology, 2013. *Facts on Severe Wind Gusts in NSW*. [Online] Available at: <http://www.bom.gov.au/nsw/sevwx/windfact.shtml> [Accessed 12 10 2013].
- Foreign Currency Exchange, 2013. *Foreign Currency Exchange Rates and Currency Converter Calculator*. [Online] Available at: <http://www.fx-exchange.com/> [Accessed 10 10 2013].
- Google, 2013. *Google Maps*. [Online] Available at: [maps.google.com.au](http://maps.google.com.au) [Accessed 20 10 2013].
- Grzesiakowski, T., 2013. End of the Line for the Sydney Monorail. [Online] Available at: <http://www.metroplanning.org/news-events/blog-post/6761> [Accessed 10 10 2013].
- Hargraves, A., 2011. CVEN2201 Soil Mechanics - Laboratory Test 5 - Triaxial Testing, Sydney: University of New South Wales.
- Jones, H. M., 2009. Personal Rapid Transit for Canberra. *Telecommunications Journal of Australia*, 59(1), p. 6.1 to 6.10.
- New South Wales Parliament Legislative Council - General Purpose Standing Committee No. 33, 2012. *Rail Infrastructure Project Costing in New South Wales*, Sydney: New South Wales Parliament Legislative Council.
- NSW Government, 2013. TransportInfo - Plan Your Trip. [Online] Available at: [www.131500.com.au](http://www.131500.com.au) [Accessed 20 10 2013].
- Oxford Dictionaries, 2013. Definition of rolling stock in English. [Online] Available at: <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/rolling->

[stock#m en gb0716410?view=aus](http://www.parkz.com.au/parks/AU/Gold Coast/Sea World/rides/31-Sea World Monorail System.html)  
[Accessed 10 05 2013].

Parkz, 2010. *Sea World Monorail System*. [Online]  
Available at:  
<http://www.parkz.com.au/parks/AU/Gold Coast/Sea World/rides/31-Sea World Monorail System.html>  
[Accessed 05 10 2013].

Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, inc., 1999. *Track Design Handbook for*, Washington: Transportation Research Board, National Research Council.

Parsons Brinckerhoff, 2009. *Hobart Light Rail Cost Estimate: Desktop System Design and Service Model*, Brisbane: Department of Infrastructure, Energy and.

*Standards Australia/Standards New Zealand, 2007. AS/NZS 4672.1:2007 - Steel Prestressing Materials, Part 1: General Requirements, Sydney: Standards Australia.*

Standards Australia, 1998. *AS4100:1998 Steel Structures*, Sydney: SAI Global Limited.

*String Transport Systems Limited, 2010. Technical Specifications of Freight String Transport System for Highly Efficient Transportation of Bulk Commodities, Sydney: s.n.*

String Transport Unitsky, 2006. *String Transport Unitsky in Questions and Answers*, Moscow: Anatoly Yunitskiy.

Sydney Buses, 2013a. *Chartering a Bus*. [Online]  
Available at: <http://www.sydneybuses.info/chartering-a-bus>  
[Accessed 15 09 2013].

*Sydney Buses, 2013b. Sydney Buses Timetable - Burwood to Bondi Junction, Sydney: Sydney Buses.*

Sydney Trains, 2013. *Facts and stats*. [Online]  
Available at:

<http://www.sydneytrains.info/about/environment/>  
[Accessed 09 09 2013].

Taiebat, H. A., 2012. *Applied Geotechnics CVEN3201 - Student Notes*, Sydney: University of New South Wales.

Tourisminternet, 2013. *Sydney to Albury*. [Online]  
Available at: <http://www.tourisminternet.com.au/howasyd.htm>

Transnet, 2012a. *Transnet*, Moscow: Anatoly Yunitskiy.

*Transnet, 2012b. Unitsky String Technologies - Overground Transport System, Moscow: String Technologies Unitsky.*

Transport for New South Wales, 2013a. *North West Rail Link*. [Online]

Available at: <http://northwestrail.com.au/>

[Accessed 21 05 2013].

Yunitskiy, A., 2013a. *Summary of Technology, String Technologies Unitsky*, Moscow: String Technologies Unitsky.

*Yunitskiy, A., 2000. TECHNICAL PROPOSAL - Ring High Speed String, Transport Links [translated], Moscow: String Transport Unitsky.*

Yunitskiy, A., 2009. *STU Presentation to Russian President Dmitry Medvedev*. Ulyanovsk City(Ulyanovsk): Anatoly Yunitskiy.

*Yunitskiy, A., 2010. The Biography of Dr. Anatoly Yunitskiy.* [Online]

Available at:  
[http://www.yunitskiy.com/author/biography\\_en.pdf](http://www.yunitskiy.com/author/biography_en.pdf)

*Yunitskiy, A., 2013d. Unitsky String Technologies - Section in English.* [Online]

Available at: <http://www.yunitskiy.com/author/english.htm>