



Предпроектное предложение

**Грузопассажирская струнная
транспортная система
в Комплексе Защитных Сооружений
от наводнений Санкт-Петербурга**



Москва 2005

Содержание

1. Введение.....	3
1.1. Общая информация о струнной транспортной системе.....	3
1.1.1. Струна.....	3
1.1.2. Рельс-струна	3
1.1.3. Путевая структура.....	5
1.1.4. Опоры	5
1.1.5. Колесо.....	6
1.1.6. Транспортный модуль (юнилёт).....	6
1.1.7. Инфраструктура	8
1.1.8. Нормы проектирования	8
1.1.9. Предпосылки к эксплуатации СТЮ.....	8
1.1.10. Испытания и апробация.....	10
1.2. Общая информация о Комплексе Защитных Сооружений от наводнений Санкт-Петербурга.....	12
2. Схема прохождения трассы СТЮ	14
3. Техничко-экономические характеристики двухпутной скоростной трассы СТЮ, проходящей по дамбе КЗС	19
3.1. Ожидаемый пассажиропоток	20
3.2. Ожидаемый грузопоток	20
3.3. Организация движения	21
3.4. Потребность в транспортных модулях	21
3.5. Время в пути и движение по трассе	22
3.6. Годовой доход и рентабельность эксплуатации трассы	23
3.7. Сравнительные технико-экономические показатели трассы в зависимости от величины грузо- и пассажиропотоков	23
4. Выводы	27

1. Введение

1.1. Общая информация о струнной транспортной системе

Струнный транспорт Юницкого (СТЮ) представляет собой поднятый на опоры струнный рельсовый путь, по которому осуществляют движение со скоростью до 350 км/час (в перспективе до 500 км/час) колёсные транспортные модули (юнилёты) вместимостью до 50 человек и грузоподъёмностью до 10 тонн.

СТЮ является наиболее дешёвой, долговечной, экономичной и безопасной системой среди известных транспортных систем второго уровня, т.е. систем с поднятой над поверхностью земли на опорах путевой структурой, к которым относятся поезд на магнитном подвесе, монорельсовая дорога, канатная дорога. Преимущества СТЮ перед другими видами транспорта обусловлены комплексом его конструктивных особенностей:

1.1.1. Струна

Струна набрана из стальных проволок или стальных канатов. Наиболее целесообразно использовать семипроволочный витой стальной канат К-7 диаметром 15,2 мм, как наиболее освоенный в промышленном производстве и наиболее используемый в качестве арматурного каната в предварительно напряжённых железобетонных конструкциях, висячих и вантовых мостах. В зависимости от условий монтажа и эксплуатации могут использоваться обычные канаты (разрывное усилие – 24...26 тонн, допустимое нормативное усилие в путевой структуре – 14 тонн), канаты с защитным покрытием или в полиэтиленовой оболочке, в том числе в защитной смазке (разрывное усилие – 26...28 тонн, допустимые усилия – 20 тонн). Срок службы каната – не менее 100 лет, отпускная стоимость – 600...1500 USD/т.

1.1.2. Рельс-струна

Рельс-струна – это обычная неразрезная (по длине) стальная, железобетонная или сталежелезобетонная балка, оснащенная головкой рельса и дополнительно усиленно армированная предварительно напряжёнными (растянутыми) струнами (рис. 1).

Максимальное натяжение струн на один рельс (в зависимости от длины пролета и массы подвижного состава) – 200...500 тонн (при температуре +20 °C). Сочетает в себе свойства гибкой нити (на большом пролёте между опорами) и жёсткой балки (на малом пролёте – под колесом транспортного модуля и над опорой), поэтому при воздействии сосредоточенной нагрузки от колеса радиус кривизны (изгиба) рельса-струны составляет 300...500 м и

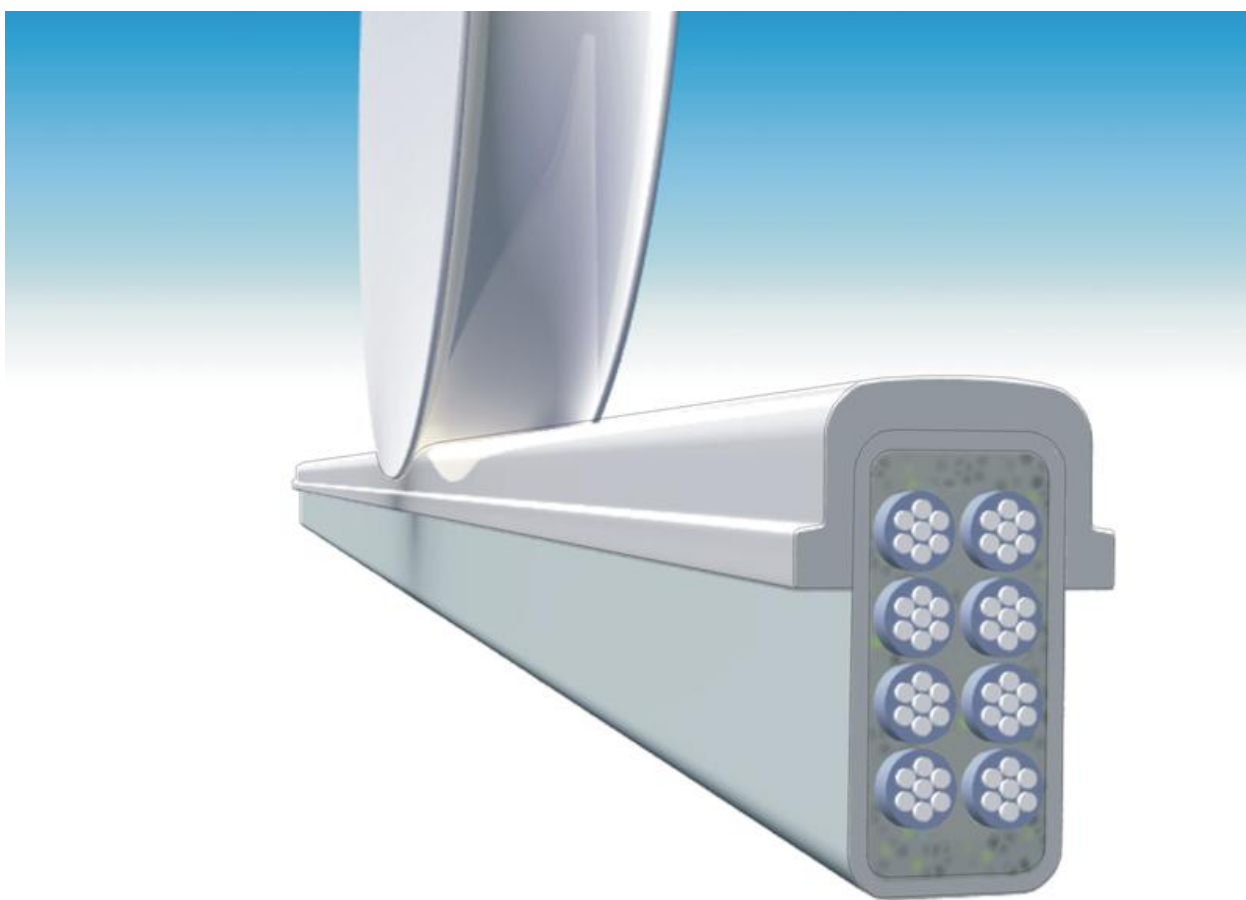


Рис. 1. Вариант конструкции рельса-струны

более. Благодаря этому качение колеса модуля будет плавным, безударным, как в середине пролёта, так и над опорой. Рельс-струна характеризуется высокой прочностью, жёсткостью, ровностью, технологичностью изготовления и монтажа, низкой материалоемкостью (сталь: 20...60 кг/м, бетон: 0,005...0,02 куб. м/м), широким диапазоном рабочих температур (+70...–70 °C).

Рельс-струна представляет собой идеально ровный путь для движения колеса, так как по всей своей длине не имеет технологических и температурных швов (головка рельса сварена в одну плетть). Себестоимость смонтированного серийного рельса-струны – от 50 тыс. USD/км, что, например, ниже себестоимости смонтированного железнодорожного рельса магистральной железной дороги, уложенного на шпальную решётку.

1.1.3. Путевая структура

Путевая структура представляет собой два рельса-струны, образующие колею шириной 2000 мм. Имеет стрелочные переводы, аналогичные трамвайным. Может быть установлена на опорах, на грунте (на специальной шпальной решетке с шагом шпал 5...10 м), или в грунте на песчаной, щебеночной или бетонной продольной (шириной 0,2...0,4 м) подушке. При необходимости, конструкция может быть выполнена сборно-разборной. Колея в СТЮ шире железнодорожной почти в 1,4 раза, а центр масс подвижного состава расположен ниже в 1,5...2 раза, поэтому движение по такой путевой структуре будет в 2...3 раза более устойчивым.

1.1.4. Опоры

Опоры подразделяются на анкерные, воспринимающие горизонтальную нагрузку от струн (устанавливаются через 2...3 км и более, по длине стальных канатов-струн) и поддерживающие, воспринимающие вертикальную нагрузку (устанавливаются через 20...50 м и более). Для трасс СТЮ могут быть использованы либо спроектированные ранее типовые опоры высотой от 0,5 до 20 м, выполненные из железобетона (сборного или монолитного), или из стальных сварных конструкций, либо – дополнительно спроектированные опоры по специальным требованиям заказчика. Фундаменты опор, в зависимости от грунтов на трассе, могут быть свайными (забивные, винтовые, буронабивные или буроинъекционные сваи), либо плитными – монолитными или сборными. Опоры могут быть установлены практически на любых грунтах. Опоры и неразрезной рельс-струна образуют жёсткую рамную конструкцию, поэтому несущая способность опор увеличена, например, в сравнении с монорельсовой дорогой в 8 раз (стоимость опор, соответственно, снижена). Стоимость промежуточной опоры – от 500 USD, анкерной – от 50 тыс. USD. Если опоры СТЮ заменить на насыпь такой же высоты, то насыпь будет дороже опор.

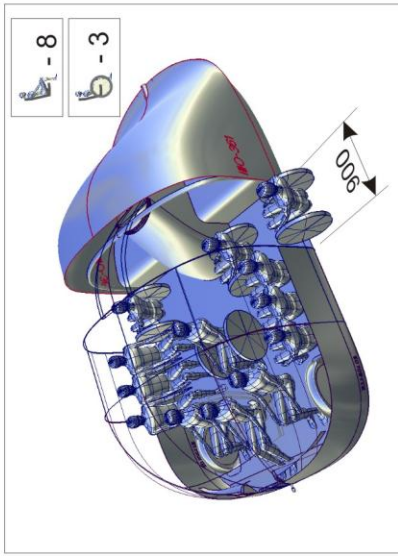
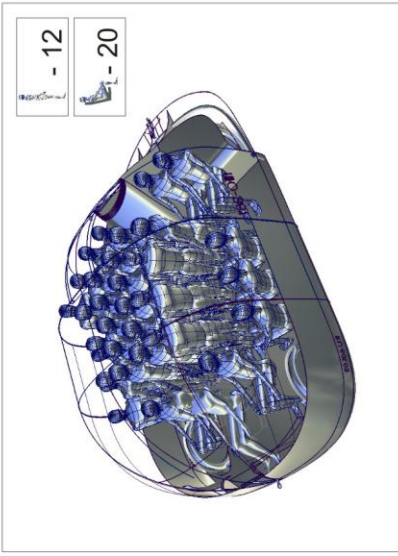
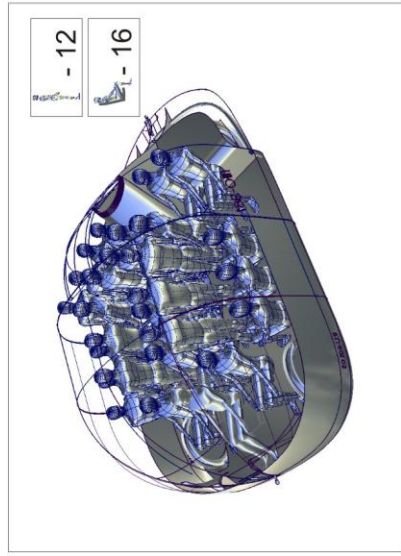
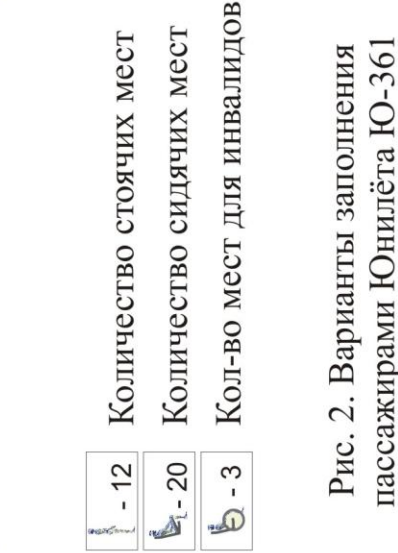
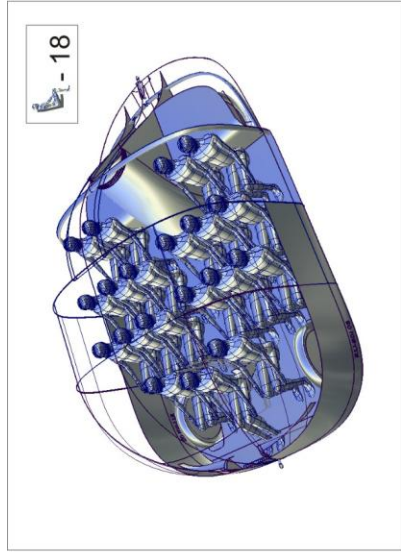
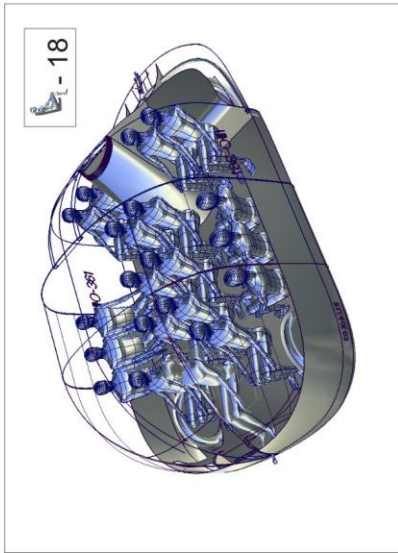
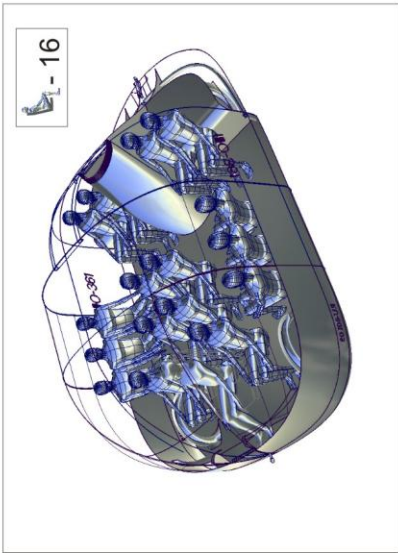
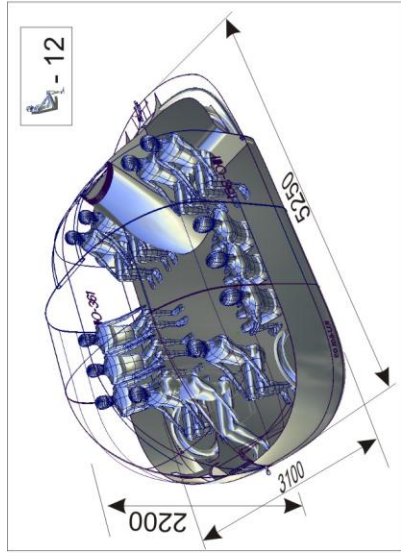
1.1.5. Колесо

Колесо выполнено из высокопрочной стали (рис. 1). Имеет независимую «автомобильную» подвеску и две реборды высотой 50 мм каждая (против колёсной пары и одной реборды высотой 30 мм на каждом колесе в железнодорожном транспорте). Между ободом и ступицей имеет демпфирующую и звукопоглощающую полимерную прокладку. Коэффициент сопротивления качению – 0,0005 (ниже, чем у железнодорожного колеса, имеющего коническую поверхность опирания, в 1,5...2 раза). Пробег – до 1 млн. км. Стальное колесо для СТЮ дешевле резинового и в 5...10 раз долговечнее.

1.1.6. Транспортный модуль (юнилёт)

Транспортный модуль (юнилёт) представляет собой разновидность рельсового автомобиля, установленного на стальных колесах. Как и автомобиль, может иметь привод от дизеля, бензинового двигателя, турбины, либо может иметь комбинированный привод (например, «дизель – генератор – накопитель энергии – электродвигатель»). При необходимости двигатель может работать на экологически чистом источнике энергии: природном газе, водороде, спирте, сжатом воздухе, маховичном накопителе энергии, солнечной, ветровой и др. энергии. Кроме того, СТЮ может быть электрифицирован с использованием внешнего источника электрической энергии (по типу троллейбуса, трамвая или метро), либо может быть использован автономный источник энергии – установленные на борту юнилёта аккумуляторы, накопители энергии конденсаторного типа, топливные батареи и др. На рис. 2 показан скоростной юнилёт средней вместимости (до 32 человек) и с низким полом – высота пола над уровнем головки рельса 200 мм. При устройстве перрона на станциях его высота будет такой же небольшой, что важно для стариков, детей, инвалидов, при этом, как и в метро, пол модуля и перрон будут находиться на одном уровне.

Высокоскоростной юнилёт имеет уникальную форму, обладающую самым низким коэффициентом аэродинамического сопротивления среди всех известных транспортных средств ($C_x=0,07...0,1$, что, например, лучше, чем у современного спортивного автомобиля в 3...4 раза; эти результаты получены путем многократных продувок в аэродинамической трубе в г. Санкт-Петербурге). Юнилёт – самое экономичное транспортное средство из всех известных. Сверхэкономичность особенно проявляется при невысоких, например, традиционных для автомобильного транспорта скоростях движения – 100 км/час. При установившемся движении на горизонтальном участке пути 25-местному юнилёту весом 5 тонн при такой скорости необходима мощность двигателя в 8,3 кВт (из них – 6,6 кВт на аэродинамическое сопротивление, 0,8 кВт – на сопротивление качению стального двухребордного колеса по стальному рельсу, 0,9 кВт – потери в трансмиссии). При этом расход топлива на 100 км пути (при использовании в



Количество стоячих мест
Количество сидячих мест
Кол-во мест для инвалидов

- 12
- 20
- 3

Рис. 2. Варианты заполнения пассажирами Юниёта Ю-361

качестве привода дизеля) составит 2 литра (или 0,08 л/100 пасс.·км, или 0,8 л/1000 пасс.·км (лучшие легковые автомобили расходуют в 10...15 раз больше горючего – 1...1,5 л/100 пасс.·км)).

Стоимость юнилёта при серийном производстве – от 50 тыс. USD (для маломестного модуля, на 5...7 пассажиров, и скорости движения до 250 км/час).

1.1.7. Инфраструктура

Инфраструктура включает станции, вокзалы, погрузочные и разгрузочные терминалы, депо, гаражи, заправочные станции. Благодаря подъему путевой структуры на второй уровень расширяются возможности по устройству станций и терминалов (рис. 3). Благодаря более благоприятным режимам эксплуатации рельсового автомобиля, уменьшается потребность в гаражах и заправочных станциях в сравнении с традиционным автотранспортом. Компактность юнилета позволяет уменьшить размер и, соответственно, стоимость вокзалов, станций и длину перрона в 5...10 раз в сравнении с железнодорожными.

1.1.8. Нормы проектирования

Путевая структура и опоры СТЮ проектируются как транспортная эстакада в соответствии с требованиями российских нормативов (СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы»), а также – основных положений мостовых норм США и стран ЕС, поэтому не требуют сертификации. Для каждой спроектированной трассы СТЮ, как и для любого транспортного сооружения, необходима лишь экспертиза в соответствующих государственных структурах.

1.1.9. Предпосылки к эксплуатации СТЮ

Благодаря более низким контактным напряжениям в паре «колесо – рельс» ($50...60 \text{ кгс/мм}^2$ против $100...120 \text{ кгс/мм}^2$ на железной дороге), износ головки рельса будет менее интенсивным, чем на железнодорожном транспорте (износ 1 мм по высоте рельса после пропуска 100 млн. т поездной нагрузки). Толщину головки рельса закладывают на весь срок службы СТЮ (50...100 лет) – например, для обеспечения суммарного объема перевозок 500 млн. т достаточно толщины головки в 18...20 мм.

Эксплуатационные издержки по трассе сводятся лишь к периодической защите металлоконструкций от коррозии (раз в 10...20 лет). При изготовлении корпуса рельса-струны из нержавеющей стали, а опор – из железобетона, эксплуатационные издержки по дороге будут заключаться в сезонном осмотре конструкции (для выявления строительных дефектов и внешних повреждений).



Рис. 3. Станция, совмещенная с анкерной опорой и углом поворота СТЮ

1.1.10. Испытания и апробация

Технология строительства путевой структуры и опор, а также основные узлы и элементы СТЮ в 2001...2004 г.г. прошли успешную апробацию на однопутном испытательном стенде, построенном в России (г. Озеры Московской области, рис. 4). Основные характеристики стенда: протяженность – 150 м, суммарное натяжение струн – 450 тс (при +20 °С), высота опор – до 15 м, максимальный пролет – 48 м, максимальная масса подвижной нагрузки – 12 т, относительная жесткость наибольшего пролета под расчётной нагрузкой – 1/1500 (нормативная жёсткость, например, автодорожных и железнодорожных мостов в 2...3 раза ниже), металлоёмкость путевой структуры – 120 кг/м, уклон трассы – 100‰. В зимнее время модифицированный грузовой автомобиль ЗИЛ-131, установленный на стальные колёса диаметром 700 мм, отвечающие стандартам СТЮ, уверенно идёт на подъём при толщине льда 50 мм (лёд намораживали специально, т.к. он не удерживается на рельсе и после первого же прохода колеса разрушается и сбрасывается им с рельса).

На стенде испытывались:

- различные струны (витые канаты диаметром 27 мм из проволоки диаметром 3 мм и диаметром 15,2 мм из проволоки диаметром 5 мм);
- анкеровка струн (клиновые зажимы, которые обеспечили надежное крепление канатов – при лабораторных испытаниях канаты обрывались при усилии 24...28 тонн в произвольном месте, а не в зажиме);
- релаксация предварительно напряженных струн (релаксация каната К-7 диаметром 15,2 мм, расчетные напряжения в котором составляют 10400 кгс/см², в течение 3-х лет не зафиксирована);
- свайные, буро-инъекционные и плитные фундаменты промежуточных опор (высотой 2 м, 5 м и 8 м) и анкерных опор (высотой 1 м и 15 м);
- двухребордное стальное колесо, задемпфированное резиновой прослойкой между ободом и ступицей (показало надежность и устойчивость движения – за 3 года эксплуатации не произошло ни одного касания ребордой головки рельса, так как штатный режим движения обеспечивает тороидальная опорная поверхность колеса);
- сцепление колеса с рельсом (минимальный коэффициент трения в паре «колесо – рельс» во время дождя и оледенения – 0,15...0,2, что позволяет проектировать высокоскоростные трассы СТЮ с затяжными уклонами до 150...200‰);
- специальный высокопрочный бетон для рельса-струны (модифицированный пластификатором и ингибитором коррозии);
- правильность расчетов прочности и жесткости опор, путевой структуры и струн под воздействием динамических нагрузок от подвижного состава, сезонного изменения температур, ветра, оледенения и др.



Рис. 4. Испытательный стенд СТЮ в г. Озеры Московской области

1.2. Общая информация о Комплексе Защитных Сооружений от наводнений Санкт-Петербурга

Правительство Российской Федерации стремится завершить строительство Комплекса Защитных Сооружений (КЗС) от наводнений Санкт-Петербурга, работы по возведению которого начаты ещё в 1979 г.

КЗС отрезает Невскую губу от Финского залива, имеет протяжённость 25,4 км и разделён на 11 неравных частей (дамб). Между дамбами КЗС находятся 6 водопропускных сооружений для обеспечения водообмена и 2 судопропускных сооружения. По экологическим соображениям сделано также 2 временных проёма (технологических моста). К настоящему времени дамбы завершены, за исключением 940-метрового участка к югу от острова Котлин, через который проходит судопропускной канал. Ширина судоходных пролётов для пропуска морских судов через дамбу, один из которых планируется перейти автодорожным тоннелем (длина тоннеля 1961 м, стоимость 240 млн. USD), а второй – автодорожным мостом (длина моста 1600 м, стоимость 101 млн. USD), составляет соответственно 200 м и 110 м, а подмостовые габариты – 40 м и 25,4 м.

Главной задачей КЗС является предоставление защиты Санкт-Петербурга от штормовых волн со стороны Финского залива. КЗС будет также являться частью будущей Интегрированной Системы Управления Водными Ресурсами и может также включить, по замыслу проектировщиков, в свой состав скоростное шоссе, как часть кольцевой дороги вокруг Санкт-Петербурга, и железную дорогу.

Строительство КЗС завершено на 60...70%, однако в последнее десятилетие работы продвигались крайне медленно в результате недостаточного финансирования. Что, может быть, и хорошо, так как не всё задуманное удалось реализовать, в частности, построить по дамбе автомобильную и железную дороги, соорудить дорогостоящие подводные тоннели и разводные мосты и превратить дамбу и прилегающую береговую линию в очередную индустриальную «помойку» и территорию с неблагоприятной экологической обстановкой, в том числе остров Котлин с расположенным на нём городом Кронштадтом. Транзитные автомобильная и железная дороги, пройдя по городу Кронштадту, «разрезали» бы его, в том числе исторические комплексы, на две части.

В то же время КЗС даёт уникальную возможность создать для Санкт-Петербурга рекреационно-туристическую зону, подобную «пальмовым» островам, отсыпанным в Персидском заливе в г. Дубай (Объединённые Арабские Эмираты), только в северном исполнении.

Комплекс Защитных Сооружений, это:

- 25 километров искусственной береговой линии и защищённая акватория Финского залива;
- перспективы вовлечения в туристический бизнес фортов и исторических объектов Кронштадта;

- создание рекреационно-спортивных и выставочных территориальных зон;
- развитие туристического бизнеса и индустрии гостеприимства;
- свободная для освоения полоса берега, защищённая от волнения акватория;
- форты, находящиеся вблизи КЗС, имеют высокий потенциал для развития классического и экстремального туризма, фестивальной деятельности;
- транспортная доступность Кронштадта с его памятниками времён Петра, военно-историческими памятниками, ещё в большей степени сделает его центром притяжения туристов;
- сама по себе дамба КЗС – уникальное гидротехническое сооружение, представляющее собой самостоятельный интерес для туристов.

Свой рекреационно-туристический потенциал, заложенный в КЗС изначально, он может либо потерять, если будет преобладать индустриальный подход к завершению работ по комплексу, либо – усилить, до более высокого уровня, чем дубайские «пальмовые» острова, если верх возьмёт здравый смысл и социально-экологический подход к развитию северной столицы России.

Для этого предлагается по дамбе построить скоростную транспортную систему второго уровня – СТЮ. Саму дамбу максимально озеленить – посадить деревья, кустарники, выполнить ландшафтное проектирование, разбить клумбы, цветники и сделать её на первом уровне пешеходной – оставив там только пешеходные и велосипедную дорожки. Для частного бизнеса предоставить возможность строительства круглогодично действующих туристических, развлекательных, оздоровительных, спортивных и других комплексов. Это привлечёт большое количество отдыхающих, туристов, гостей Санкт-Петербурга, которые смогут посещать КЗС круглосуточно, так как в разводных мостах отпадёт необходимость, причём они смогут это сделать быстро, комфортно, безопасно и при низкой цене проезда.

2. Схема прохождения трассы СТЮ

Схемы прохождения трассы СТЮ по дамбе КЗС показаны на рис. 5 и 6.

Путевые структуры двухпутной трассы предлагается разместить на общих опорах высотой 6...8 м, установленных на расстоянии 25...30 м друг от друга (рис. 7 и 8). Поскольку такие опоры займут на километре трассы всего 20 кв. м земли (или 0,002 га/км), то всю остальную часть дамбы можно озеленить зелёными насаждениями. Путевая структура СТЮ будет проходить над кронами деревьев (они могут быть низкорослыми), а местами – проходить между кронами высоких деревьев, в своеобразном зелёном туннеле. Пешеходную и велосипедную дорожки можно выполнить как аллеи, проложенные между деревьями указанной рукотворной лесопарковой зоны, площадь которой может составить по всей дамбе 300...350 га. При этом, выполняя ландшафтное проектирование, нет необходимости приводить дамбу в чёткие проектные геометрические размеры, наоборот, необходимо сохранить все её строительные неровности и погрешности, где-то даже усилив их, что и имеет место в естественных ландшафтах.

В перспективе скоростную трассу СТЮ предлагается продлить по берегу залива до Санкт-Петербурга и замкнуть через город в кольцо, создав таким образом уникальный «зелёный» рекреационно-туристический комплекс на северо-западе России (рис. 5).

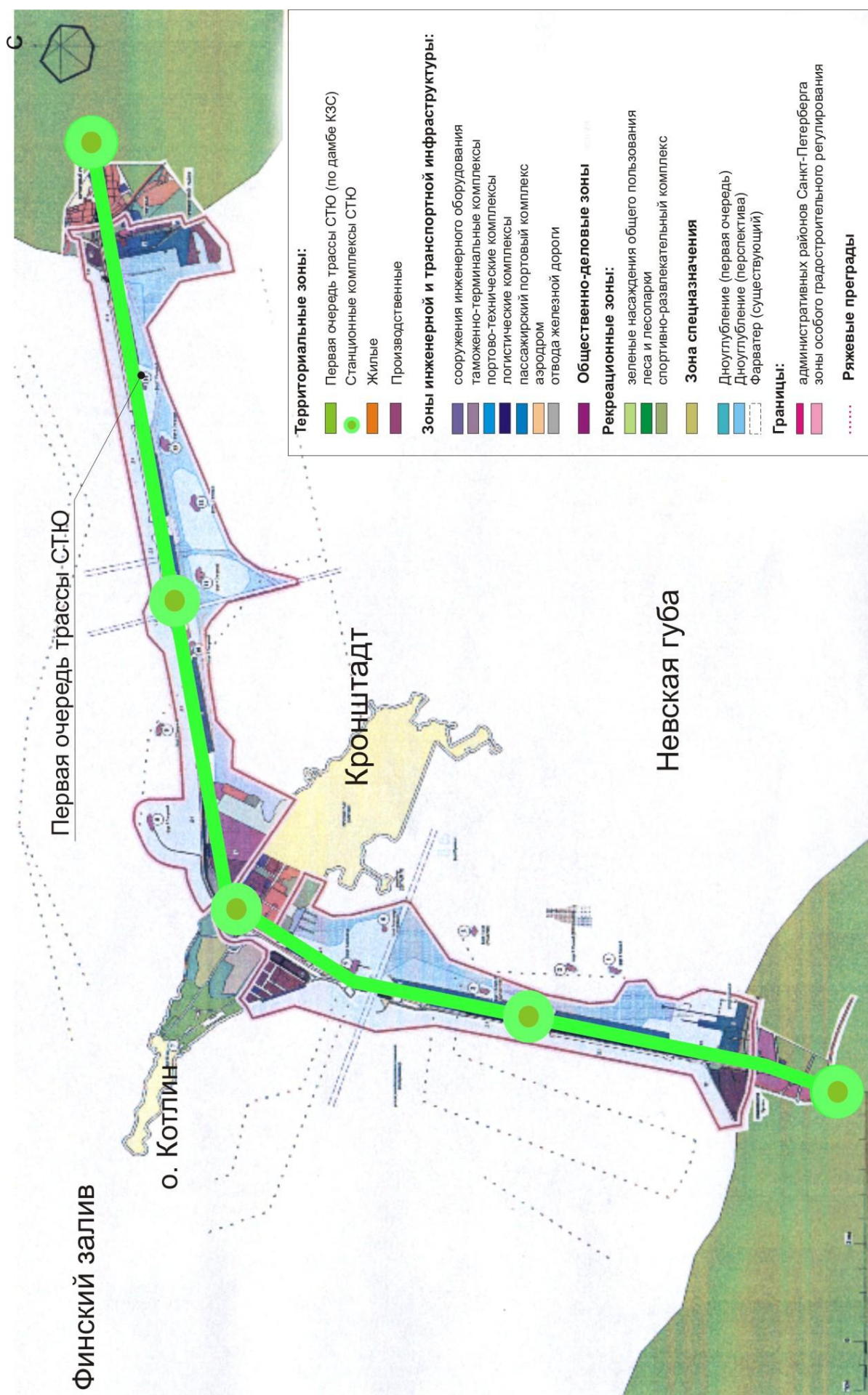


Рис. 6. Схема функционального зонирования КЗС

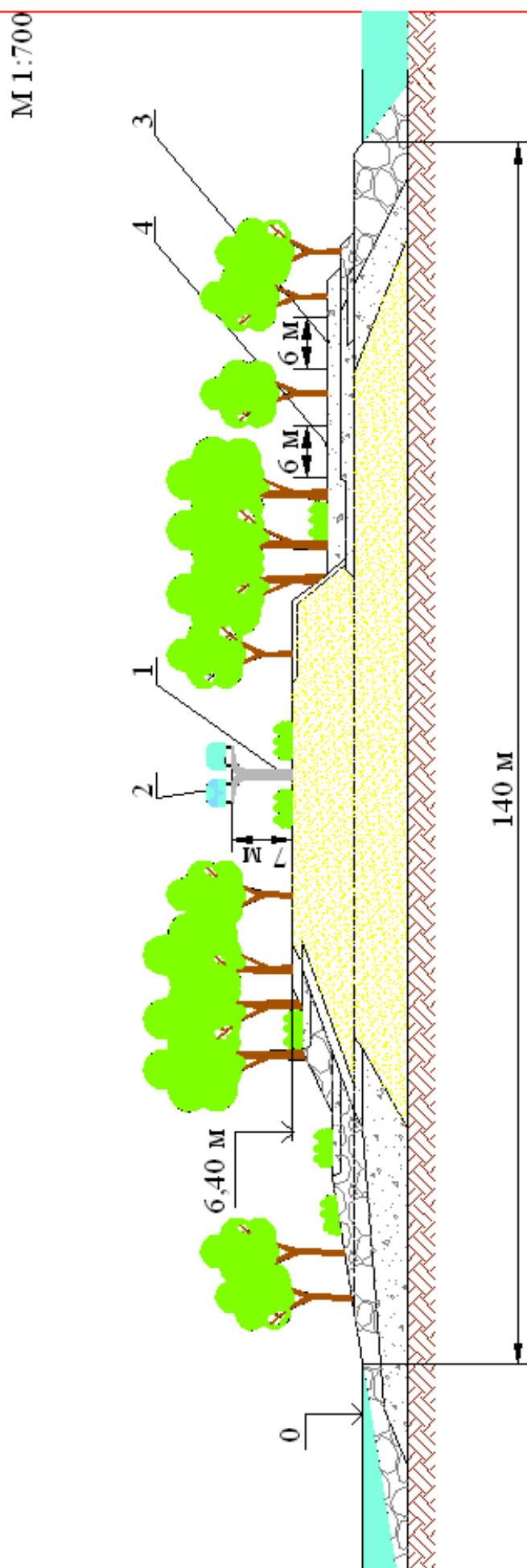


Рис. 7. Поперечный разрез дамбы КЗС

1 - промежуточная опора двухпутной трассы СТЮ; 2 - скоростной юнипёт;
3 - пешеходная дорожка; 4 - велосипедная дорожка



Рис. 8. Трасса СТЮ по побережью Финского залива

3. Техничко-экономические характеристики двухпутной скоростной трассы СТЮ, проходящей по дамбе КЗС

Назначение – грузопассажирская трасса.

Протяжённость трассы – 26 км.

Стоимость с инфраструктурой и подвижным составом – 43 млн. USD (см. табл. 1).

Расчётная скорость движения транспортных модулей – до 200 км/час.

Время в пути из конца в конец трассы (при одной остановке в Кронштадте) – 15 мин. (см. табл. 2).

Средняя высота опор – 7 м.

Средняя длина пролёта – 25 м.

Предельная (конструкционная) пропускная способность двухпутной трассы (при одновременном осуществлении пассажирских и грузовых перевозок):

- пассажиров – 100 млн. пасс./год;
- грузов – 10 млн. тонн/год.

Ожидаемый пассажирооборот (плечо 13 км) – 15 млн. пасс./год.

Ожидаемый грузооборот (плечо 26 км) – 2 млн. т/год.

Таблица 1

Ориентировочная стоимость трассы СТЮ

Наименование элементов трассы	Кол-во (объём работ)	Стоимость ед. работ, тыс. USD	Общая стоимость, тыс. USD
1. Транспортная линия, всего, в том числе:	26 км	-	20.900
1.1. Двухпутная путевая структура	26 км	480	12.480
1.2. Фундаменты и опоры	26 км	210	5.460
1.3. Система технического контроля за состоянием опор и путевой структуры	26 км	20	520
1.4. Радиорелейная система управления движением транспортного потока	26 км	20	520
1.5. Прочее	-	-	1.920
2. Стоимость инфраструктуры, всего, в том числе:	-	-	4.500
2.1. Станции	5 шт.	500	2.500
2.2. Грузовые терминалы	3 шт.	300	900
2.3. Депо и ремонтные мастерские	1 шт.	600	600
2.4. Прочее	-	-	500
3. Подвижной состав, всего, в том числе:	-	-	3.950
3.1. Пассажирские модули	18 шт.	90	1.620

Наименование элементов трассы	Кол-во (объём работ)	Стоимость ед. работ, тыс. USD	Общая стоимость, тыс. USD
3.2. Грузовые модули	28 шт.	50	1.400
3.3. Модули аварийного резерва	3 шт.	90	270
3.4. Модули технического контроля за состоянием трассы и для её аварийного обслуживания	2 шт.	150	300
3.5. Прочее	-	-	360
4. Удорожание трассы на сложных участках (прохождение по Кронштадту, пересечение 2-х судопропускных и 6-ти водопропускных сооружений)	2,5 км	1.000	2.500
5. Инженерно-изыскательские и проектные работы по трассе	26 км	50	1.300
6. Проектно-конструкторские работы по путевой структуре, опорам, подвижному составу, инфраструктуре и системам управления	-	-	2.500
7. Прочие и непредвиденные расходы	-	-	7.350
Итого:	-	-	43.000

3.1. Ожидаемый пассажиропоток

Ожидаемый пассажиропоток зависит от привлекательности рекреационно-туристического комплекса, созданного на КЗС, а также от посещаемости туристами Кронштадта. Слабую посещаемость можно оценить в 4...5 млн. человек в год (около 10 млн. поездок «туда» и «обратно»), когда каждый взрослый житель Санкт-Петербурга и каждый третий приезжий хотя бы один раз в год посетит зелёный пояс Санкт-Петербурга. Среднюю посещаемость можно оценить в 12...15 млн. человек (около 30 млн. поездок «туда» и «обратно»), когда каждый взрослый петербуржец трижды в год, а каждый приезжий – хотя бы один раз в год посетит КЗС). Высокую посещаемость можно оценить в 25...30 млн. чел./год (60...80 млн. поездок в год).

3.2. Ожидаемый грузопоток

Примерно 0,5 тонны грузов в год на каждого жителя Санкт-Петербурга, итого около 2 млн. тонн грузов в год (малотоннажные грузы: продукты питания, хозяйственные товары, товары народного потребления, вывоз мусора за пределы КЗС и др.).

3.3. Организация движения

При небольшом объёме перевозок, как на трассе СТЮ, проходящей по дамбе КЗС (в расчётах принят объём перевозок ниже среднего, около минимума – 15 млн. пасс./год, или 41,1 тыс. пасс./сутки, или, при двухсменной работе, в среднем 2570 пасс./час в обоих направлениях), экономически целесообразнее использовать пассажирские и грузовые модули средней вместимости и средней массы, около 5 тонн в гружённом состоянии. Это позволит снизить нормативное натяжение струн в путевой структуре и, соответственно, уменьшить стоимость трассы СТЮ. При этом пропускная способность транспортной магистрали не будет снижена, более того, она имеет возможность роста, до 100 млн. пасс./год.

Транспортный модуль (пассажирский и грузовой) в качестве привода имеет дизель (малошумный, экономичный, по чистоте выхлопа отвечает требованиям норм Евро-4) и автоматическую коробку передач. Модуль управляется водителем. Введение полностью автоматической системы управления каждым модулем в отдельности и транспортным потоком в целом на данном этапе нецелесообразно. Автоматизация управления приведёт к резкому удорожанию подвижного состава и транспортной линии, но не приведёт к уменьшению количества обслуживающего персонала и, соответственно, экономии заработной платы. Это обусловлено тем, что, как и на борту авиалайнера, в юнилёте должен присутствовать хотя бы один профессионально подготовленный сотрудник эксплуатирующей подвижной состав компании (в первом случае – водитель, дополнительно выполняющий функции стюарда, гида и т.д., во втором – стюард, при необходимости выполняющий функции водителя, например, при выходе автоматической системы управления из строя).

В перспективе, при увеличении объёма перевозок и введении в строй второй очереди СТЮ, замыкающей трассу в кольцо, система может быть легко автоматизирована, а трасса – переведена на более высокие скорости движения (350 км/час; конструкционная скорость путевой структуры, заложенная в проект – 450 км/час).

3.4. Потребность в транспортных модулях

1. Пассажирские (вместимость 25 пассажиров)

При двухсменной работе один модуль сделает 56 рейсов в сутки (при затратах времени на один рейс 15 мин – см. табл. 2). При коэффициенте загрузки, равном 0,9, и коэффициенте использования, равном 0,9, один модуль перевезёт в сутки 1130 пассажиров, а в год – 410 тыс. пассажиров. Для перевозки 15 млн. пассажиров в год на плече 26 км (два плеча по 13 км) необходимо 36 модулей, на плече 13 км – 18 модулей.

2. Грузовые (грузоподъёмность 3 тонны)

Один модуль может сделать примерно 40 рейсов в сутки (при трёхсменной работе). При коэффициенте загрузки 0,9, коэффициенте

использования 0,9, один модуль перевезёт в сутки 97 тонн грузов, а в год – 35.000 тонн. Для перевозки 2 млн. тонн грузов в год необходимо 57 грузовых модулей на плече 26 км, а на плече 13 км (до Кронштадта) – 28 модулей.

3.5. Время в пути и движение по трассе

Время, затрачиваемое пассажиром на дорогу с одного берега залива на другой берег (или из конца в конец дамбы) с одной остановкой в Кронштадте, составит 15 мин. (см. табл. 2).

Таблица 2

№ п/п	Наименование транспортного процесса	Время, мин.
1	Ожидание посадки	0,5
2	Посадка пассажиров	1,0
3	Ожидание поездки	0,5
4	Разгон до скорости 200 км/час (2 раза)	2,0
5	Движение по трассе	6
6	Торможение транспортного модуля (2 раза)	2,0
7	Въезд в станцию	0,5
8	Высадка пассажиров	1,0
9	Непредвиденные затраты времени	0,5
	Всего:	15

При указанных выше коэффициентах использования и загрузки подвижного состава, на трассе одновременно будет находиться 18 пассажирских модулей. При длине путевой структуры, равной $2 \times 26 \text{ км} = 52 \text{ км}$, среднее расстояние между соседними пассажирскими модулями на трассе при расчётной скорости движения составит около 3 км. Временной интервал движения этих модулей – около 50 с.

Движение юнилётов может быть как одиночным, так и в группе, например из 5 модулей, с интервалом движения 5 с (или на расстоянии 280 м друг от друга на трассе при скорости 200 км/час). В последнем случае въезжать в станцию и выезжать из неё они будут с интервалом 5 с, а перрон должен иметь длину, обеспечивающую одновременное нахождение на станции 5 модулей. Интервал движения таких «поездов», в которых отдельные модули связаны друг с другом не механически, а с помощью «электронной сцепки», составит около 4 мин.

Исходя из оптимальных условий динамического нагружения путевой структуры, движущиеся с высокой скоростью юнилёты должны находиться друг относительно друга не ближе, чем через один пролёт. При длине пролёта 25 м это расстояние составит 50 м, тогда предельная (конструкционная) пропускная способность трассы при 25-тиместных юнилётах на плече 13 км будет равна:

$$N_{\text{пред.}} = 15.000.000 \text{ пасс./год} \times (3000 \text{ м}/50 \text{ м}) = 900.000.000 \text{ пасс./год}$$

При совмещении пассажирских и грузовых перевозок предельная пропускная способность двухпутной трассы будет на порядок ниже и составит около 100 млн. пасс./год и 10 млн. тонн/год.

3.6. Годовой доход и рентабельность эксплуатации трассы

При цене пассажирского билета на участке протяжённостью 13 км «Берег залива – Кронштадт» 0,5 USD (ориентировочная себестоимость проезда составит 0,15 USD/пасс., или 0,011 USD/пасс.·км) и тарифе на транспортировку одной тонны груза 3 USD (ориентировочная себестоимость транспортировки составит 0,3 USD/т или 0,025 USD/т·км) годовой доход от эксплуатации трассы составит:

$$D = 15.000.000 \text{ пасс.} \times (0,5 - 0,15) \text{ USD/пасс.} + 2.000.000 \text{ т} \times (3 - 0,3) \text{ USD/т} = 10.650.000 \text{ USD}$$

При таком годовом доходе трасса окупится в течение примерно 5 лет. При цене пассажирского билета 0,8 USD трасса окупится примерно за 3 года.

Удельные капитальные вложения на 1 км высокоскоростной трассы, с учётом инфраструктуры, пассажирского и грузового подвижного состава и прохождения сложных морских участков (пересечение судопропускных сооружений пролётами 200 м и 110 м с подмостовыми габаритами соответственно 40 м и 25 м) – 1,65 млн. USD/км.

Общая рентабельность эксплуатации трассы, в зависимости от величины налогов, составит около 200%, в том числе:

- а) рентабельность грузовых перевозок – более 200%;
- б) рентабельность пассажирских перевозок – более 100%.

3.7. Сравнительные технико-экономические показатели трассы в зависимости от величины грузо- и пассажиропотоков

На рис. 9...11 приведены зависимости различных технико-экономических показателей от величины грузо- и пассажиропотоков.

Из рис. 10 видно, что даже если пассажиропоток упадёт до 6 млн. пасс./год, а грузопоток – до 0,5 млн. т/год, то общая рентабельность эксплуатации трассы будет иметь положительное значение за счёт высокой рентабельности как грузовых, так и пассажирских перевозок.

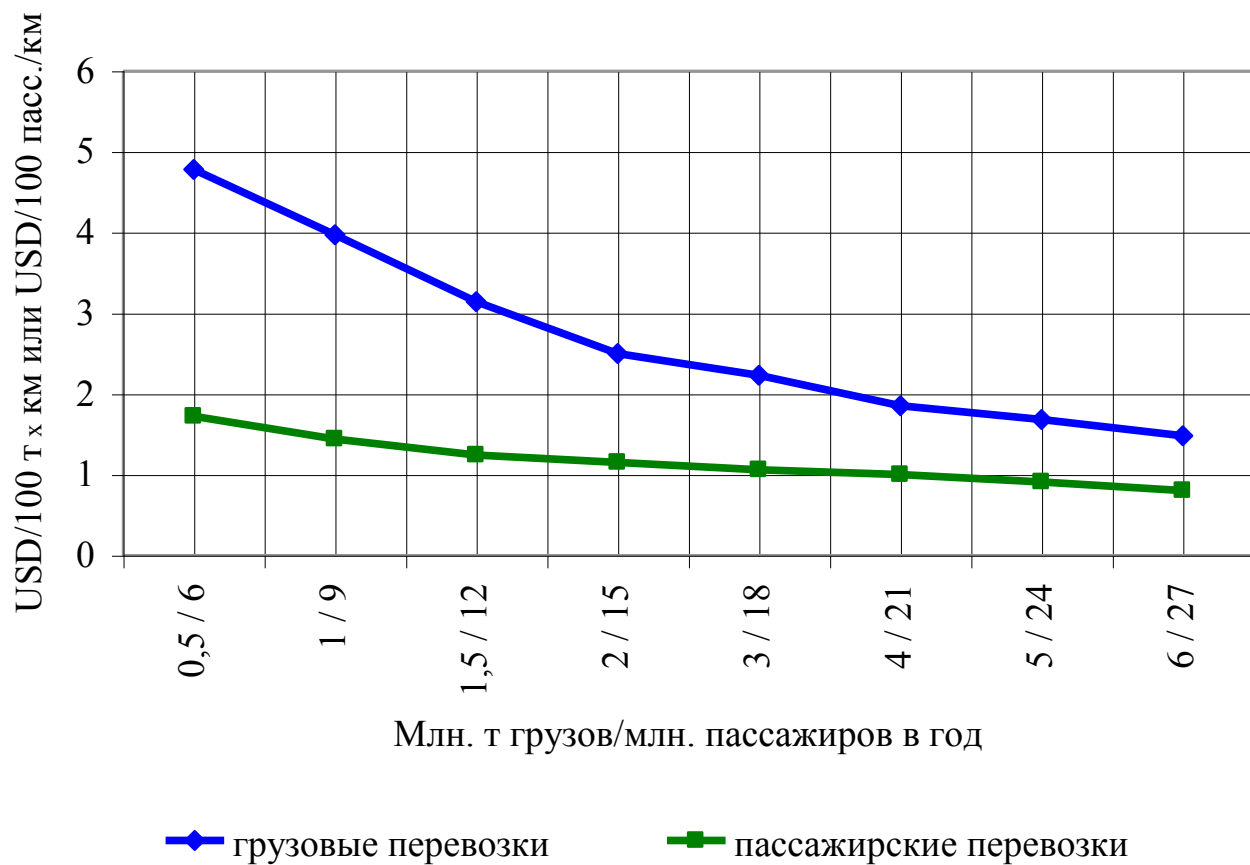


Рис. 9. Зависимость себестоимости перевозок по трассе СТЮ, проходящей по дамбе КЗС (26 км) от величины грузо- и пассажиропотоков

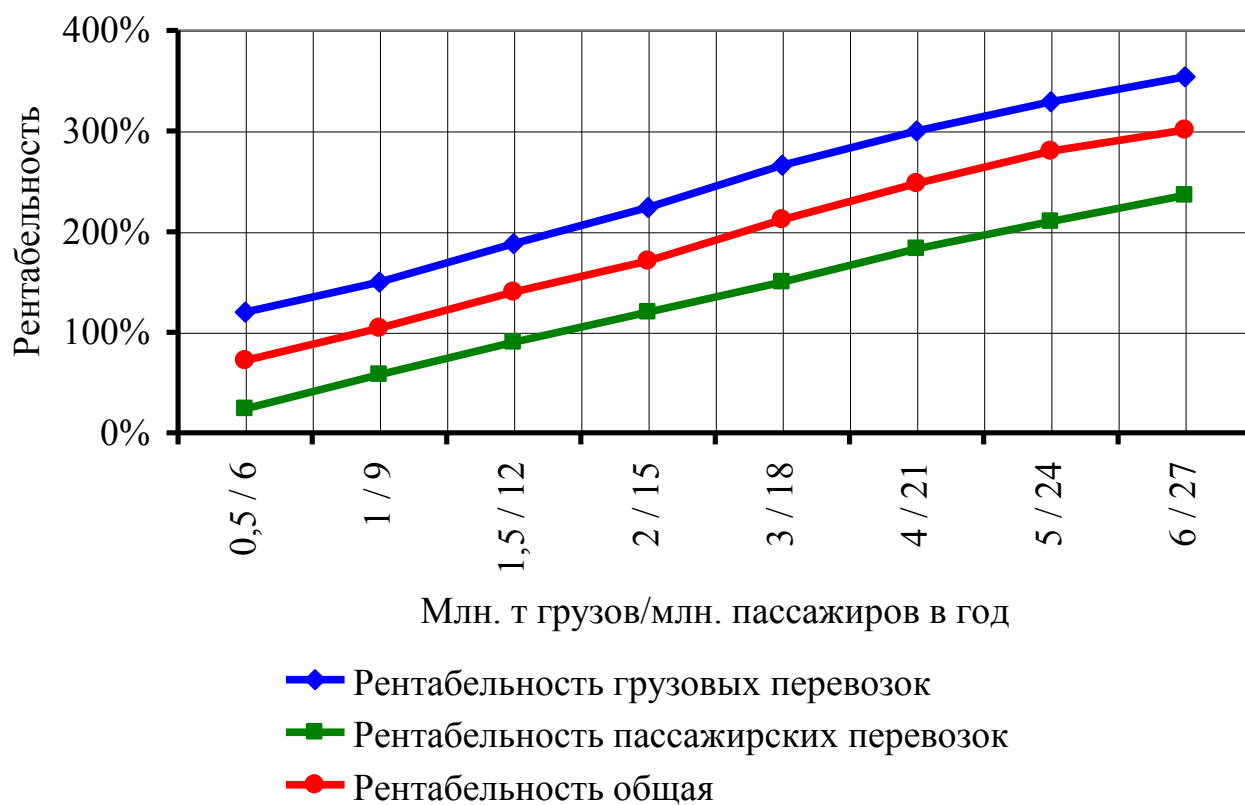


Рис. 10. Изменение рентабельности эксплуатации трассы СТЮ, проходящей по дамбе КЗС (26 км) от величины грузо- и пассажиропотоков

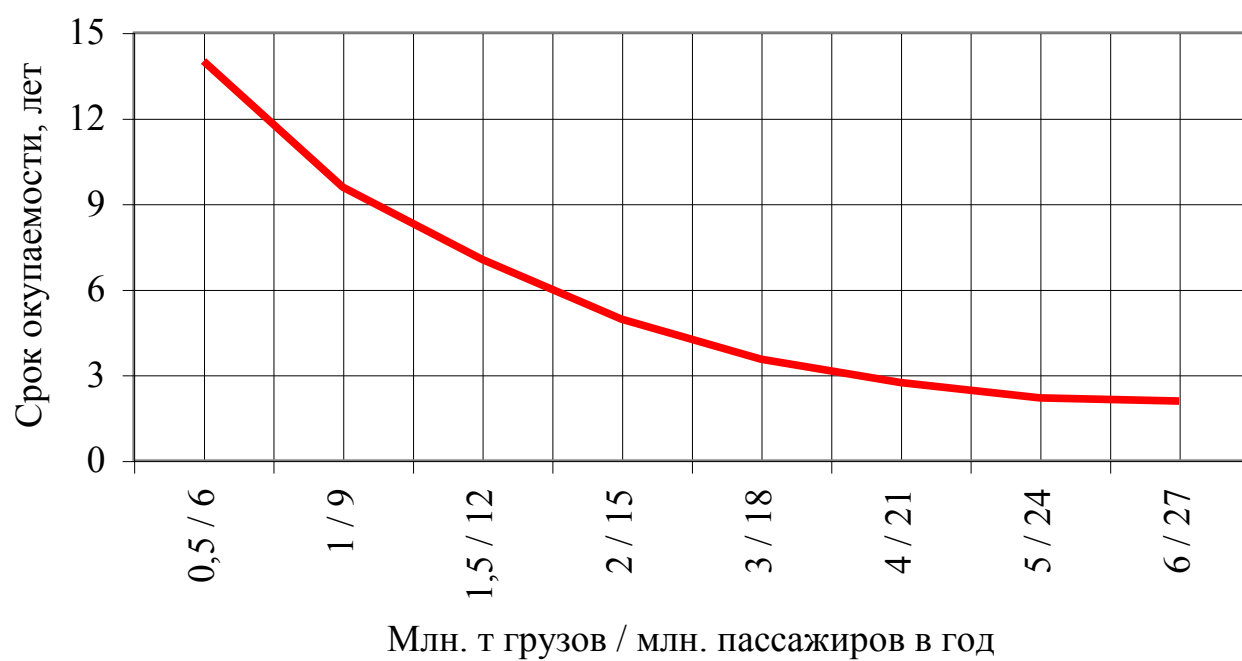


Рис. 11. Зависимость срока окупаемости капиталовложений в строительство трассы СТЮ, проходящей по дамбе КЗС (26 км) от величины грузо- и пассажиропотоков

4. Выводы

Использование СТЮ как транспорта второго уровня в комплексе защитных сооружений от наводнений Санкт-Петербурга обеспечивает:

1. Создание на КЗС рекреационно-туристического и спортивно-выставочных комплексов, которые позволят создать уникальную «зеленую» зону отдыха Санкт-Петербурга.
2. Возможность перемещения 15 млн. человек и 2 млн. тонн грузов в год (в перспективе – 50 млн. человек и 10 млн. тонн грузов в год, соответственно) без нанесения ущерба природе.
3. Предоставление возможности более рационального использования существующего побережья Финского залива и новой береговой линии дамбы КЗС для массового отдыха и развлечений жителей Санкт-Петербурга и дальнейшего его развития.
4. Расширение возможностей ознакомления с историко-культурными ценностями Кронштадта и других исторических мест.
5. Быструю окупаемость вложений в проект (до 5 лет) и высокую рентабельность эксплуатации (более 100%), что обеспечит высокую и стабильную прибыль в течение длительного времени (не менее 50 лет).
6. Принципиально новая транспортная система второго уровня, являющаяся полностью российской разработкой, впервые в мире построенная на КЗС с новым поколением сверхсовременного подвижного состава, сама станет объектом туризма и дополнительно привлечет туристов и отдыхающих в Санкт-Петербург.
7. Трасса СТЮ позволит создать новую инфраструктуру для отдыха и развлечений, доходность от которой превысит доходность от использования самой трассы СТЮ.