

Тоннель под проливом Босфор

Близится к завершению строительство тоннеля под проливом Босфор, который соединит железнодорожные сети Европы и Азии. В 2011 г. планируется завершить строительные работы и монтаж оборудования; ввод в коммерческую эксплуатацию транспортной связи через тоннель под Босфором запланирован на 2012–2013 гг.

Первые предложения по организации прямого железнодорожного сообщения между Европой и Азией под проливом Босфор появились почти 150 лет назад, но только в наше время реализуется проект Marmaray, завершение которого позволит соединить европейскую и азиатскую части Стамбула. В 2009 г. закончена проходка тоннелей, ведущих к центральной части, состоящей из 11 погружных секций, заглубленных на дне пролива в октябре 2008 г.

Первое предложение по строительству тоннеля под проливом Босфор было обнародовано в 1860 г., и уже тогда предпочтительной считалась технология сборки подводного тоннеля из погружных секций. В 1902 г. вновь проявился интерес к данной концепции тоннеля, но только в 1985 г. было подготовлено технико-экономическое

обоснование, обновленный вариант которого в 1997 г. и стал основой для реализуемого в настоящее время проекта Marmaray стоимостью 3,5 млрд. дол. США. Реализация проекта ведется за счет кредитов, предоставленных рядом банков.

Помимо сооружения тоннеля длиной 13,6 км, проект Marmaray предусматривает модернизацию действующих железнодорожных линий на обеих сторонах пролива. Коридор с высокой провозной способностью длиной 76,3 км между Халкалы в европейской части Стамбула и Гебзе в Анатолии будет использоваться для пассажирских междугородных и местных перевозок, а также для пропуска грузовых поездов. Предусмотрено построить три новые подземные станции, еще 37 наземных станций построить заново или реконструировать, уло-

жить 250 км новых или обновленных путей, электрифицировать весь коридор на переменном токе 25 кВ. Для технического обслуживания и ремонта парка пассажирских электропоездов предназначены два новых депо.

Комплекс работ, обеспечивающих реализацию всего проекта, разделен на три основных контракта, получивших следующие обозначения: BC1 — тоннели в Стамбуле и под проливом Босфор с соответствующими системами жизнеобеспечения; CR1 — инфраструктура наземных участков длиной 66 км с системами электрификации и сигнализации; CR2 — новый подвижной состав.

Контракт BC1 стоимостью 102,3 млрд. иен в июле 2004 г. получило совместное японско-турецкое предприятие, в которое вошли компании Taisei, Kumagai, Gama и Nuro; контракт CR1 в марте 2007 г. заключен с консорциумом AMD, в который вошли Alstom (Франция), Marubeni (Япония) и Dogus (Турция). Заказ на новый подвижной состав в ноябре 2008 г. получила компания Hyundai Rotem (HR, Республика Корея).

Линия берет начало от магистрали Государственных железных дорог Турции (TCDD) в Едикуле, идет параллельно ей до нового пересадочного узла Еникапи (рис. 1), затем проходит под старым городом к новой станции глубокого заложения, расположенной под станцией и вокзалом Сиркеджи. На азиатском берегу построены новые станции Ускюдар и Айрлыкчешме. Действующие вокзалы Сиркеджи и Хайдарпаша будут закрыты, но их здания, имеющие историческую ценность, сохранятся. На вокзале Хайдарпаша (рис. 2) берет начало железная дорога, ведущая в Багдад, а вокзал Сиркеджи построен как конечный пункт следования «Восточного экспресса». Основные параметры проекта Marmaray приведены в таблице.



Рис. 1. Схема линий рельсового транспорта Стамбула

Тоннельные работы

Реализация проекта Marmaray представляла серьезную задачу с точки зрения геологии и, что не менее важно, археологии. Пролив Босфор находится в зоне сейсмической активности, всего в 16 км к югу от него в Мраморном море проходит Северно-Анатолийский разлом. По данным министерства транспорта Турции, в ближайшие 30 лет здесь с 65%-ной вероятностью возможны подземные толчки интенсивностью 7,5 баллов по шкале Рихтера. Кроме того, в проливе, который является одним из наиболее интенсивно используемых для судоходства в мире, имеются двухуровневые морские течения со скоростью до 6 морских узлов (1 узел = 1853,2 м/ч).

Первые геологические изыскания в районе предполагаемого строительства были проведены в 1985–1987 гг., повторные — в 2002–2004 гг. Они выявили вероятность разжижения грунта на участке протяженностью 460 м, что потребовало проведения в этом месте работ по укреплению грунта с целью создания надежного основания тоннеля.

Ядром проекта Marmaray является тоннельная часть длиной 1387 м из погружных секций, которые уложены в донный желоб на глубине 60 м от поверхности воды, что делает этот участок тоннеля самым глубоким в мире из строящихся по такой технологии. Погружная часть тоннеля собрана из 11 железобетонных сегментов массой до 19 тыс. т: восьми длиной по 135 м, одного — 110 м, двух по 98,5 м. Сегменты изготовлены в двух специально построенных в городе Тузла (азиатский берег Турции) сухих доках. К месту установки на расстояние около 40 км их буксировали в полузатопленном состоянии на специальных баржах. На заданном месте их погружали в заранее подготовленный желоб, который потом засы-



Рис. 2. Вокзал Хайдарпаша, построенный на искусственном полуострове

пали грунтом, и в тех местах, где толщина его слоя (над наружной поверхностью тоннеля) не превышала 4 м, дополнительно набрасывали слой камней. Между сегментами погружной части тоннеля и подходными тоннелями, построенными методом проходки, обустроены дополнительные проти-

всейсмические связи. На случай аварийного затопления тоннеля предусмотрены шлюзовые затворы, снабженные системой блокировочной сигнализации.

Последний сегмент был установлен в донный желоб 23 сентября 2008 г., а торжественная церемония завершения строительства подвод-

Проект Marmaray

Параметр	Значение
Длина коридора, км	76,3
Длина тоннеля, км	13,6
Длина подводной части тоннеля из погружных секций, м	1387
Максимальная глубина подводной части тоннеля, м	60,46
Минимальный радиус кривой, м	300
Максимальный уклон, ‰	18
Число станций:	
наземных	37
подземных	3
пересадочных	4
для приема междугородных поездов	8
Среднее расстояние между станциями, км	1,9
Число пригородных 10-вагонных электропоездов	44
Максимальная скорость, км/ч	100
Минимальный межпоездной интервал, с	120
Провозная способность, тыс. чел./ч в каждом направлении	75



Рис. 3. Тоннель под Босфором

ной части тоннеля состоялась 13 октября. Тогда участники церемонии прошли пешком по тоннелю, соединившему Европу и Азию.

Двухпутные подходные тоннели строили с помощью пяти проходческих машин (рис. 3, 4). При строительстве подземных станций использовали разные методы: новый австрийский проходки тоннелей или открытый способы. Муниципалитет Стамбула занимается

строительством станции Айрлыкчешме, поскольку она является пересадочной с линией метрополитена облегченного типа.

Долгая история Стамбула как столицы Византийской и Османской империй предполагала обнаружение уникальных археологических находок. Действительно, их было множество, включая остатки порта античных времен и византийский баркас; последние замедлили



Рис. 4. Строительная площадка у портала тоннеля в центре Стамбула

темпы работ вблизи станции Еникапи. Команда проектировщиков работала в тесной связи с дирекцией Стамбульского археологического музея, это позволило сохранить множество находок, которые будут выставлены в новом музее в Еникапи.

Смешанное грузо-пассажирское движение

Помимо создания постоянного железнодорожного сообщения между Европой и Азией, реализация проекта Мармарау преследует цель устранения легендарных пробок на улицах Стамбула. Линия провозной способностью порядка 75 тыс. пассажиров/ч в каждом направлении обеспечит перевозки более 1 млн. чел. в день. По прогнозу министерства транспорта, реализация проекта позволит увеличить долю железнодорожного транспорта в Стамбуле с 3 до 27% и приблизиться по этому показателю к таким европейским столицам, как Париж и Лондон.

В тоннеле Мармарай будут уложены два пути, но железнодорожные линии на обоих берегах пролива станут трехпутными. Два пути отводятся для пригородного движения, третий путь с реверсивным движением планируется использовать для пропуска дальних пассажирских и грузовых поездов. Обгонные пути обустроены примерно через каждые 4,5 км, причем на азиатской стороне их будет 10, а на европейской — два.

На всех станциях, новых или реконструированных, устроены островные платформы, за исключением станции Сиркеджи с боковыми платформами. Поезда дальнего следования будут останавливаться только на восьми станциях из 40, включая Халкалы и Гебзе. Пересадки на линии метрополитена и облегченного рельсового транспорта запланированы на пяти станциях. Путь развития для изме-

нения направления движения поездов предусмотрено на станциях Атакой и Пендик, чтобы обеспечить более высокую частоту следования поездов в центральной части города. С точки зрения организации перевозок главной станцией новой сети сообщений станет Еникапи, где строится новый вокзал для поездов дальних сообщений, который заменит два нынешних вокзала TCDD — Сиркеджи и Хайдарпаша. Здесь предусмотрена пересадка на линию M1 метрополитена облегченного типа, ведущую в аэропорт, за счет ее продления на 700 м от существующей конечной станции Аксарай и на линию M2 обычного метро, которую продлят в южном направлении с пересечением бухты Золотой Рог.

Как уже отмечалось, проектная провозная способность в пригородных пассажирских сообщениях была принята равной 75 тыс. пассажиров/ч в каждом направлении в часы пик, к 2025 г. этот показатель планируется довести до 90 тыс. пассажиров/ч за счет сокращения до 15 мин межпоездного интервала в часы пик и средней населенности поезда не менее 3500 чел. Для обеспечения такой провозной способности в утренние (с 6 до 9 ч) и вечерние (с 16 до 19 ч) периоды пик на участке между станциями Айрылыкчешме и Казлыкчешме приоритет будут иметь пригородные пассажирские поезда. Для пропуска поездов дальнего следования отводятся дневные часы, грузовых — ночные. Расчетное время следования пригородных поездов по линии Мармарай длиной 76,3 км между станциями Халкалы и Гебзе составля-

ет 105 мин, из них на следование по тоннелю под проливом требуется не более 4 мин.

Подвижной состав и сигнализация

В ноябре 2008 г. компания Hyundai Rotem получила заказ на 10- и 5-вагонные электропоезда на общую сумму 580 млн. евро. Всего должно быть построено 440 вагонов длиной по 22 м каждый с кузовами из нержавеющей стали. Некоторые элементы вагонов будут изготовлены совместным корейско-турецким предприятием Eurotem на заводе в городе Адапазари, принадлежащем турецкому производителю подвижного состава компании Tuvassas. Вагоны электропоездов будут поставяться тремя партиями — первые 160 вагонов в 2011 г., а завершение поставок запланировано на 2014 г.

Главное депо по техническому обслуживанию и ремонту пригородных поездов находится на станции Малтепе на азиатском берегу, а пункты отстоя — еще на двух станциях. Второе депо на станции Халкалы будет обслуживать и пригородные, и междугородные поезда, а депо на станции Гебзе — только междугородные.

В консорциуме AMD ответственность за поставки и монтаж оборудования систем сигнализации и управления движением поездов несет компания Alstom. Управление движением на линии Мармарай обеспечат система блокировки СВТС с подвижными блок-участками и автоматической локомотивной сигнализацией АТО, а также ев-

ропейская система управления движением ETCS уровня 1 в качестве резервной. На трехпутных участках третий путь, используемый для пропуска междугородных поездов, будет оснащен только ETCS уровня 1. Технический межпоездной интервал на третьем пути и конечных участках линии составит 300 с, на центральном участке между станциями Атакой и Пендик — 90 с. При использовании только системы ETCS уровня 1 на двух путях, используемых для пригородного движения, межпоездной интервал будет равен 120 с, продолжительность остановок пригородных поездов на станциях не превысит 30–45 с.

Система сигнализации в тоннеле поддерживает режимы движения по обоим путям в обоих направлениях, но нормальным будет режим правостороннего движения. В главном центре управления движением, находящемся рядом с депо Малтепе, предусмотрены два отдельных диспетчерских зала для управления движением пригородных и междугородных поездов. Из центральной аппаратной в Халкалы будет обеспечен обзор системы сигнализации на европейском берегу, а дублирующая панель позволит управлять движением на расположенных там участках автономно в случае прекращения по каким-либо причинам движения через тоннель. Центр управления движением будет подключен к системе раннего оповещения о землетрясениях.

Railway Gazette International, 2009, № 2, р. 56–59; материалы Европейского инвестиционного банка (<http://www.eib.org>)