

О ТОННЕЛЕ НА О. САХАЛИН

TUNNEL TO SAKHALIN ISLAND

Н. И. Кулагин, В. А. Маслак, К. П. Безродный, М. О. Лебедев, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»
N. I. Kulagin, V. A. Maslak, K. P. Bezrodny, M. O. Lebedev, ОАО NIPII «Lenmetrogiprotrans»

XXI век по праву можно считать не только временем развития новых технологий, но и их внедрения. Современные инженерные решения воплощаются во многих отраслях народнохозяйственной деятельности. Как, например, строительство первой в мире плавучей атомной тепловыделяющей станции, которая в 2019 г. начнет давать тепло и электричество на Чукотке. Не отстает во внедрении новых технологий и направление по освоению подземного пространства. Новые технологии реализуются в масштабных транспортных проектах, обеспечивая экономическое развитие регионов, разгрузку существующих транспортных магистралей, появление новых рабочих мест, туристическую привлекательность. После окончания строительства таких уникальных сооружений, как объекты к проведению зимней олимпиады 2014 г., мостовых переходов в Крым, объекты к проведению чемпионата мира по футболу 2018 г., появляется необходимость развития транспортной инфраструктуры других регионов. Так в комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 г., утвержденный Правительством Российской Федерации, включено строительство железнодорожной линии Селихин – Ныш с переходом пролива Невельского.

The 21st century can rightly be considered not only the time for the development of new technologies, but also their implementation. Modern engineering solutions are embodied in many sectors of economic activity. For example, the construction of the world's first floating nuclear thermal power plant, which will begin to produce heat and electricity in Chukotka in 2019. The underground space development is not far behind in the implementation of new technologies. New technologies are implemented in large-scale transport projects ensuring the economic development of regions, the unloading of existing transport routes, the presence of new jobs and tourist attractiveness. After the construction of such unique structures as facilities for the Winter Olympics 2014, bridges to the Crimea, facilities for the FIFA World Cup 2018, there is a need to develop transport infrastructure in other regions. Thus, the integrated plan for modernization and expansion of the main infrastructure for the period up to 2024 approved by the Government of Russian Federation has included the construction of Selikhin–Nysh railway line with crossing of the Nevelski strait.

Предполагаемый транспортный переход пролива Невельского располагается в весьма сложной с геологической точки зрения пограничной зоне между двумя крупнейшими геоструктурными провинциями: Центрально-Евро-Азиатской на западе и Тихоокеанской на востоке. Каждая из провинций представлена соответственно Буринско-Сихоте-Алиньским и Курильским регионами. Граница между провинциями в районе перехода имеет меридиональное направление и проходит по проливу Невельского.

Наименьшая ширина пролива (между мысом Средним на западе и Погиби – на острове Сахалин) 7,8 км.

В комплексном проекте железнодорожного соединения о. Сахалин с единой транспортной сетью страны (проект строительства железнодорожной линии Селихин – Ныш) барьерным, наиболее сложным и дорогостоящим объектом является строитель-

ство постоянного перехода через Татарский пролив в наиболее его узком месте (пролив Невельского) в районе мыса Лазарев (материк) – мыс Погиби (о. Сахалин) (рис. 1). Поэтому выбор вариантов технических решений и конструкций инженерных сооружений транспортного перехода имеет решающее значение при определении экономической оценки всего проекта в целом в период строительства и эксплуатационной эффективности и надежности в последующем. На выбор вариантов инженерных сооружений транспортного перехода через пролив Невельского огромное влияние оказывают сложные инженерно-геологические и природно-климатические условия района предстоящего строительства и последующей эксплуатации. В инженерно-геологическом плане это мощный слой (до 30 м) донных осадочных отложений с низкой несущей способностью, а также высокая сейсмическая активность в районе строительства с ве-

роятностью землетрясений до 9 баллов по шкале Рихтера. Для гидрологии пролива характерны периодические изменения направленности течений с переносом значительных масс донных отложений в прибрежных зонах. В осенне-зимний период частые штормовые явления создают неблагоприятную ледовую обстановку и обледенение судов, а также береговых инженерных конструкций.

Климатические условия

Климат района работ является муссонным. Характеризуется господствующими ветрами северных направлений в зимний период и южных – в летний.

Осадки. Среднегодовое количество осадков составляет 736 мм, максимальное – 1416 мм; суточное измеренное – 80 мм. 61 % осадков выпадает в теплое время года (май-октябрь). Снежный покров устанавливается в конце октября и достигает в феврале-марте 35–40 см (максимально 74 см). Гололедные явления наиболее часты в апреле-мае, толщина гололедных стенок достигает 20–25 см.

Температуры. Среднегодовая температура воздуха составляет минус 2,2 °С, минимальная – минус 47 °С (январь), максимальная плюс 31 °С, самой холодной пятидневки – минус 30 °С.

Ветры. В зимний период повторяемость ветров северного и северо-западного направлений составляет 53–54 %, южных – 24–25 %. В теплое время года, наоборот, пре-

обладают южные и юго-западные ветры (45–46 %). Ветры слабые и умеренные (до 10 м/с) наблюдаются в 78 % случаев ветреных дней, штормовые (более 15 м/с) – 45–47 дней в году. В зимнее время (декабрь-январь) ветры могут достигать силы до 27–29 м/с, при порывах до 45–46 м/с.

Гидрологический режим

Уровень воды в проливе определяется приливо-отливными, сгонно-нагонными и сейшевыми явлениями. Наибольшая величина приливов (по астрономическим условиям) достигает 2,20–2,25 м при средней величине 1,50–1,55 м; максимальное нагонное повышение уровня при штормовых ветрах северного направления – 0,8 м. Понижения сгонного характера значительных изменений уровня воды не вызывают, поскольку определяются лишь ростом атмосферного давления. Сейшевые колебания уровня могут достигать 0,45–0,50 м с периодом от 8 до 30 мин.

В Балтийской системе высот средний уровень составляет 0,22, экстремальные 2,62 и минус 1,03 м.

Волновой режим в проливе умеренный. Повторяемость ситуаций с высотой волн более 1,0 м составляет 22 %. Максимальная высота волны достигает 2,70 м (1 раз в 50 лет). Волны цунами в вершину Татарского пролива не проникают.

Течения на участке пролива Невельского носят преимущественно реверсивный характер с некоторым преобладанием южных на-

Рис. 1. Тоннельный вариант перехода через пролив Невельского



правлений – к Японскому морю. Продолжительность направленных в одну сторону течений при исключительно высоких нагонах может достигать 92 ч.

Наибольшие скорости течения наблюдаются в глубоководной части пролива (желоба). Они достигают при отсутствии льда в приповерхностном слое 2,35 м/с, у дна – 1,8 м/с. При полном замерзании пролива максимальные скорости формируются в 2–3 м от дна и составляют 1,3 м/с. По мере уменьшения глубин в проливе уменьшаются и скорости течения.

Ледовый режим участка строительства является наиболее суровым из всех районов Татарского пролива. Ледообразование начинается в конце октября – начале ноября и в сжатые сроки охватывает почти всю акваторию. Неподвижный лед в середине ноября закрепляется в виде прочного устойчивого припая на мелководьях и быстро распространяется к центру бассейна. Полное замерзание пролива Невельского происходит лишь через 2–2,5 месяца после появления припая у берегов.

Наибольшего развития ледяной покров достигает в начале апреля; толщина льда у берега составляет 1,3–1,4 м, а в суровые зимы 1,6–1,7 м, в районе глубоководного желоба от 0,4–0,5 до 0,8–0,9 м. Ледяные торосы возникают вдоль бровок фарватера или на отмелях. Их высота в отдельных грядах может достигать 3 м.

Признаки разрушения льда появляются в апреле, в первую очередь разрушаются торосы. Окончательно припай разрушается к началу третьей декады мая. Плавающий лед наблюдается до конца мая – начала июня. Возможен дрейф ледяных полей протяженностью до 1 км под действием приливных течений и ветра. Максимальная скорость дрейфа 2,5 м/с. Расчетная прочность крупных дрейфующих льдин (на одноосное сжатие) при неблагоприятном стечении условий определена в 4,7 МПа.

Толщина льда, примерзающего к гидротехническим сооружениям, по наблюдениям в соседних районах соизмерима с толщиной местного припая (1,5–1,7 м).

Из возможных вариантов строительства искусственных сооружений, применимых в рассматриваемых условиях в различных предпроектных проработках, выполненных в 50–60-е годы и затем с 90-х годов по настоящее время, рассматривались:

- мостовые переходы различных конструкций;
- сплошная дамба или в сочетании с мостовым переходом;
- тоннельный вариант с горной проходкой основного ствола тоннеля;
- тоннельный вариант мелкого заложения с использованием опускных секций.

У каждого из рассматриваемых вариантов есть следующие преимущества и недостатки.

Мостовые переходы различных конструкций

Наличие мощных донных отложений потребует возведение промежуточных русловых опор большой высоты (заглубление более 30–40 м до коренных пород и обеспечение подмостового габарита прохода судов до 70 м, с общей высотой опоры от основания опоры до низа пролета более 100 м).

Возможное воздействие ледовых нагрузок на опоры моста в разных направлениях вдоль и поперек оси моста неизбежно потребует создание равнопрочности опоры в направлениях вдоль и поперек моста, аналогично плавучим буровым установкам.

Возможное обледенение конструкций пролетных строений в осенне-зимний период потребует дополнительное их усиление с учетом нагрузок, сопоставимых с нагрузкой самих конструкций и переменной от подвижного состава. В процессе эксплуатации вполне вероятны дополнительные затраты по содержанию пролетных строений.

Высокая сейсмическая активность потребует дополнительное усиление всех конструкций мостового перехода, включая опоры и пролетные строения.

Тоннельные варианты

Впервые строительство перехода на остров Сахалин началось в 1951 г. Проектом предусмотрен тоннельный вариант перехода. Была пройдена вертикальная выработка (ствол) на материке и часть дамбы. Но после смерти И. В. Сталина работы прекратили.

В 2000 г. по заказу ОАО «РЖД» РФ были разработаны проектные соображения по вариантам мостового и тоннельного перехода. Генеральным проектировщиком определен институт «Мосгипротранс». Проектом предусматривалось строительство железной дороги Селихин – Ныш с пересечением Татарского пролива по трем вариантам трассы. Тоннельные варианты разрабатывало ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» при участии ОАО «Гипротрансмост» (раздел ОВОС).

Проект всего сообщения с учетом мостового и тоннельного сооружений был оценен на начало 2013 г. в 386,6 млрд и 387 млрд рублей, соответственно. При почти одинаковой стоимости вариантов сроки строительных работ различны: 7,5 лет заняла бы стройка линии вместе с мостом и 9 лет – с прокладкой тоннеля.

С целью определения наиболее эффективных конструктивных и технологических решений по сооружению тоннельного перехода непосредственно под проливом, рассматривались следующие варианты его сооружения.

Вариант I. Тоннель $D_n = 9,5$ м и сервисный тоннель $D_n = 5,5$ м с щитовой проходкой.

Вариант II. Тоннель $D_n = 11,5$ м с щитовой проходкой.

Вариант III. Тоннель из опускных секций.

Вариант IV. Тоннельно-мостовой переход.

Вариант V. Комбинированный тоннель с обделками из опускных секций на береговых участках и кругового очертания в русловой части.

В 2007 г. ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» на стадии инвестиций в строительство выполнило два варианта сооружения тоннеля:

- опускные секции;
- ТПМК с пригрузом забоя.

Сооружение тоннеля опускными секциями в зависимости от створа стоит 231527,73–289575,41 млн руб. Срок строительства 5–6,5 лет. Сооружение тоннеля с помощью ТПМК стоит 171809,24–184763,26 млн руб. в зависимости от створа пересечения пролива. Срок строительства 9 лет 5 мес. – 9 лет 6 мес.

Наиболее эффективным вариантом был признан вариант тоннеля большого поперечного сечения с щитовой проходкой $D = 11,5$ м.

Сооружение тоннеля предусматривается с использованием специальных тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) с активным пригрузом забоя.

Скорость передвижения по железнодорожному переходу составит до 120 км/ч.

Преимущества тоннельного варианта транспортного перехода:

- значительная независимость эксплуатации от природно-климатических условий по сравнению с мостом;
- тоннели значительно безопаснее в эксплуатации;
- тоннельный вариант менее подвержен терроризму;
- стоимость эксплуатации транспортного перехода (как показывает опыт эксплуатации объектов-аналогов в г. Хабаровске) по тоннельному варианту ниже, подземные сооружения менее подвержены нарушениям при землетрясениях, чем наземные, в частности – мосты.

Поэтому в суровых природно-климатических и сложных инженерно-геологических условиях при высокой сейсмической опасности следует отдать предпочтение тоннельному варианту, как наиболее надежному при эксплуатации.

Ключевые слова

Пролив Невельского, транспортный переход, подводный тоннель, технология строительства.

Nevelski strait, transport crossing, sub-aqueous tunnel, construction technology

Для связи с авторами

Кулагин Николай Иванович

lmgmt@lenmetro.ru

Маслак Владимир Александрович

lmgmt@lenmetro.ru

Безродный Константин Петрович

Besrodny@lenmetro.ru

Лебедев Михаил Олегович

lebedev-lmgmt@yandex.ru

