

УДК 69.057.47

Виктор Валерьевич Кравченко, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, kravict@gmail.com

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВКИ ОПУСКНЫХ ТОННЕЛЬНЫХ СЕКЦИЙ В ПРОЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы технологии транспортирования, опускания и корректировки положения тоннельных секций в пространстве.

Ключевые слова: тоннель, подводный тоннель, опускная секция, опалубка, понтон, лебедка, механика грунтов, строительство.

Victor V. Kravchenko, Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, kravict@gmail.com

TECHNOLOGICAL FEATURES OF INSTALLATIONS IMMERSSED TUNNEL ELEMENTS IN THE DESIGN POSITION

Abstract. The article discusses the technology of transportation, lowering and adjusting the position of the tunnel section in space.

Key words: tunnel, immersed tunnel, immersed tunnel element, formwork, pontoon, winch, soil mechanics, construction.

Введение

В последнее десятилетие происходит стремительный рост объемов транспортного строительства, связанный с увеличением пассажиро- и грузоперевозок, расширением существующей транспортной инфраструктуры и др. При решении подобных задач очень большое внимание уделяется проблемам подводного тоннелестроения, в частности,

вопросам технологии установки тоннельных секций в проектное положение.

Опускание тоннельных секций

Доставленные к месту строительства тоннеля секции подвешивают через полиспасты к лебедкам или кранам, установленным на плавучих средствах [1, 2]. Затем их загружают водяным, каменным, песчаным или комбинированным балластом для придания им отрицательной плавучести и погружают на дно подводного котлована (рис. 1).

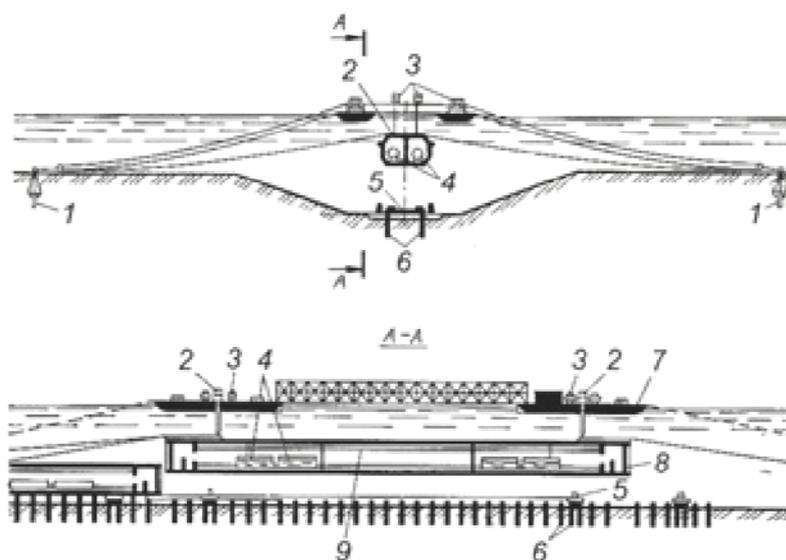


Рис. 1. Схема подвешивания тоннельной секции к лебедкам или кранам: 1 – якоря; 2 – полиспасты; 3 – лебедки; 4 – балластные емкости; 5 – опорная часть; 6 – сваи; 7 – понтон; 8 – торцовая диафрагма; 9 – тоннельная секция

Перед опусканием на секции устанавливают специальные шахты для возможности прохода по ним людей, подачи необходимых материалов и т.п., а также монтируют визирные мачты, по которым контролируют положение секций. Высота шахт и мачт должна быть такой, чтобы они возвышались над водой после установки секций на дно котлована [2, 3]. При этом, для предотвращения сноса секций потоком воды устраивают их «анкеровку» при помощи тросовых оттяжек, прикрепленных к лебедкам, установленным на понтонах (рис. 2). Подобным образом опускали секции

тоннелей под проливом в Гонконге, в Дании, Австралии, на Тайване, под р. Конвей в Великобритании и р. Маас в Нидерландах [4].

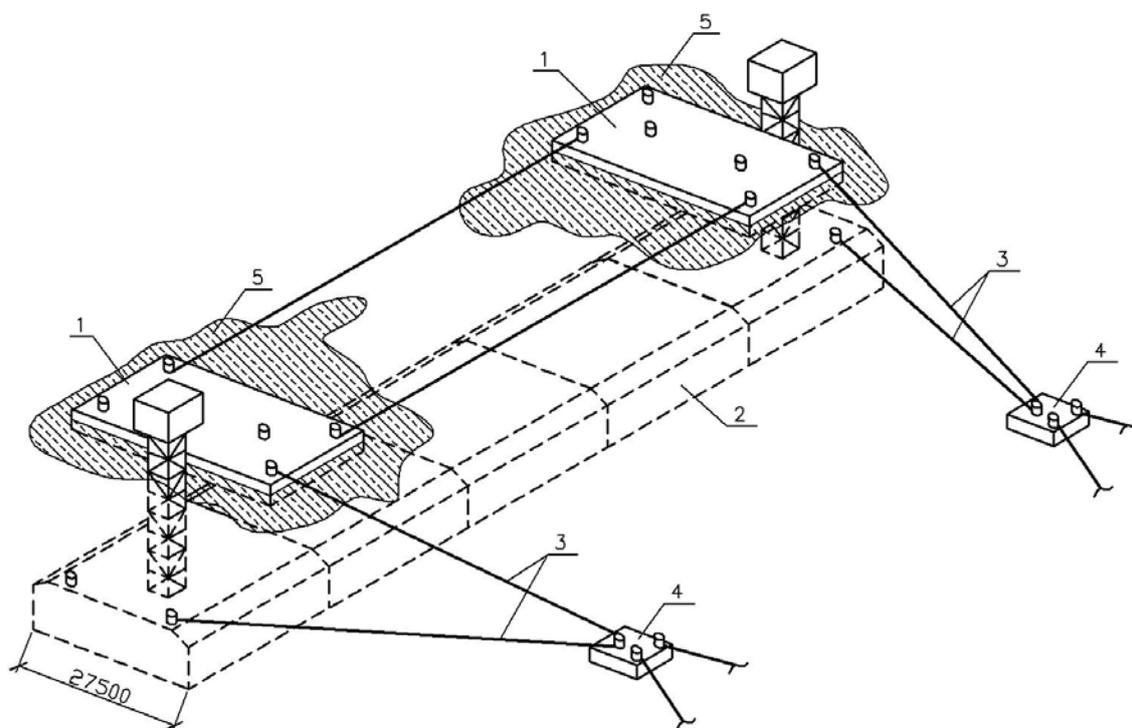


Рис. 2. Схема опускания секции подводного тоннеля: 1 – понтон; 2 – опускаемая тоннельная секция; 3 – тросовые оттяжки; 4 – анкерный массив; 5 – уровень воды

Использование плавучей платформы-понтон

При глубине погружения секций более 15–20 м оказывается эффективным применение плавучей платформы-понтон, которая может перемещаться по воде и устанавливаться на месте выдвижными опорами (рис. 3). После установки секций в проектное положение платформу опускают на воду и перемещают на следующую позицию. Применение плавучих понтонов-платформ имеет определенные преимущества, так как это дает возможность опускать секции на значительную глубину при сильных ветрах, течениях, во время приливов, отливов и волнений [5, 6]. Однако использование дорогостоящих подъемных платформ может быть экономически оправдано лишь при большой протяженности участка опускных секций.

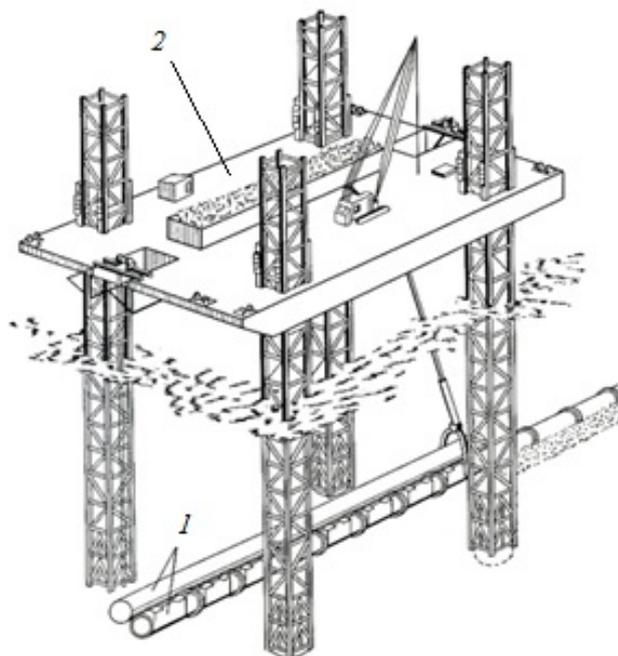


Рис. 3. Схема опускания тоннельных секций с применением плавучей платформы-понтон: 1 – тоннельная секция; 2 – плавучая платформа

Использование технологии «Steps»

Разработана технология опускания и установки тоннельных секций «Steps» с использованием плавучих платформ, автоматизированных систем балластировки и удержания секции в проектном положении [1]. Плавучая платформа, состоящая из двух понтонов с четырьмя опорами-стойками, закрепляется на тоннельной секции на берегу и вместе с ней доставляется в створ тоннеля, затем опускается на дно котлована, обеспечивая корректировку положения секции (рис. 4). После этого платформа поднимается на поверхность воды и вновь используется для установки очередной секции.

Время опускания тоннельных секций в зависимости от конкретных условий колеблется в довольно широких пределах: от нескольких часов до нескольких суток. В процессе опускания секций ведут инструментальные наблюдения за правильностью их положения по визирным мачтам, установленным по концам секций и выступающим над поверхностью

воды. На строительстве первых подводных тоннелей контроль за опусканием секций производили водолазы. В настоящее время предпринимаются попытки полностью исключить труд водолазов, используя подводные телевизионные установки, эхолоты, лазерные приборы и пр., и исключить применение визирных мачт [7].

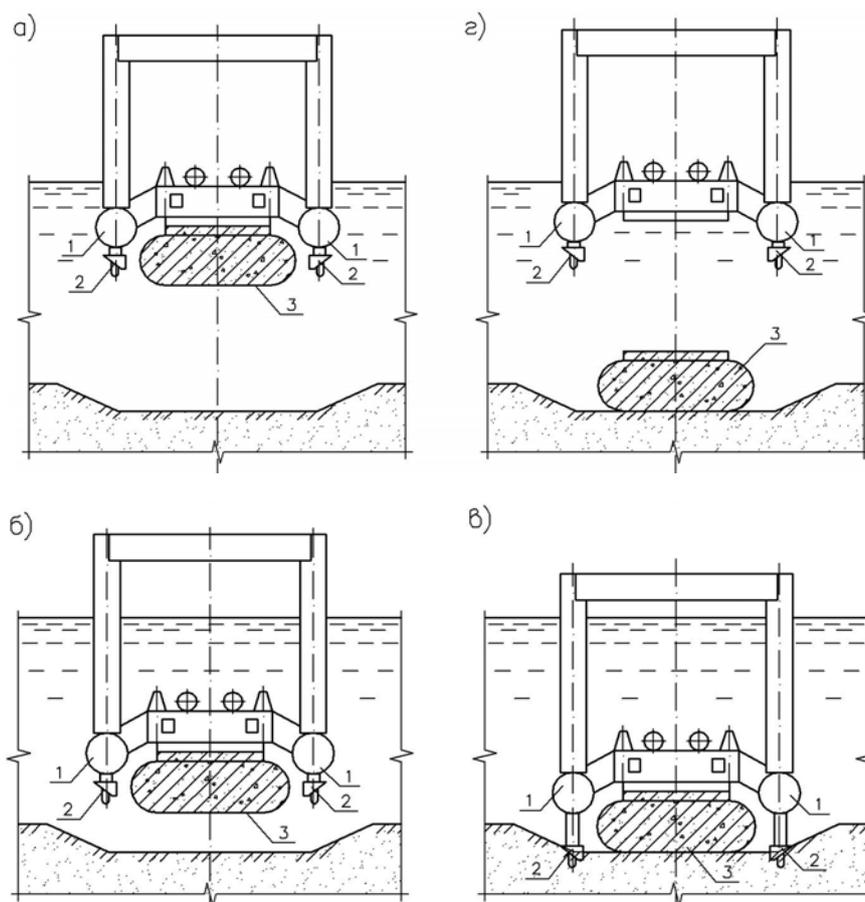


Рис. 4. Этапы опускания тоннельной секции с помощью плавучей платформы:
1 – понтоны; 2 – опоры-стойки; 3 – опускаемая тоннельная секция;
4 – подводный котлован

Во время опускания регистрируют усилия во всех тросовых оттяжках, используя для этого струнные датчики, электродинамометры и другие приборы, обладающие высокой чувствительностью. Опусканием секций и синхронизацией работы оборудования руководят обычно из центрального пункта с помощью радио и телефона.

Опускаемые секции устанавливают на уложенные по дну котлована балки, лежни или плиты, пустотелые, железобетонные массивы и т.п.

Корректировка положения тоннельной секции

Корректировку положения секций осуществляют горизонтальными и вертикальными гидравлическими домкратами, смонтированными в днище секции и управляемыми изнутри (рис. 5).

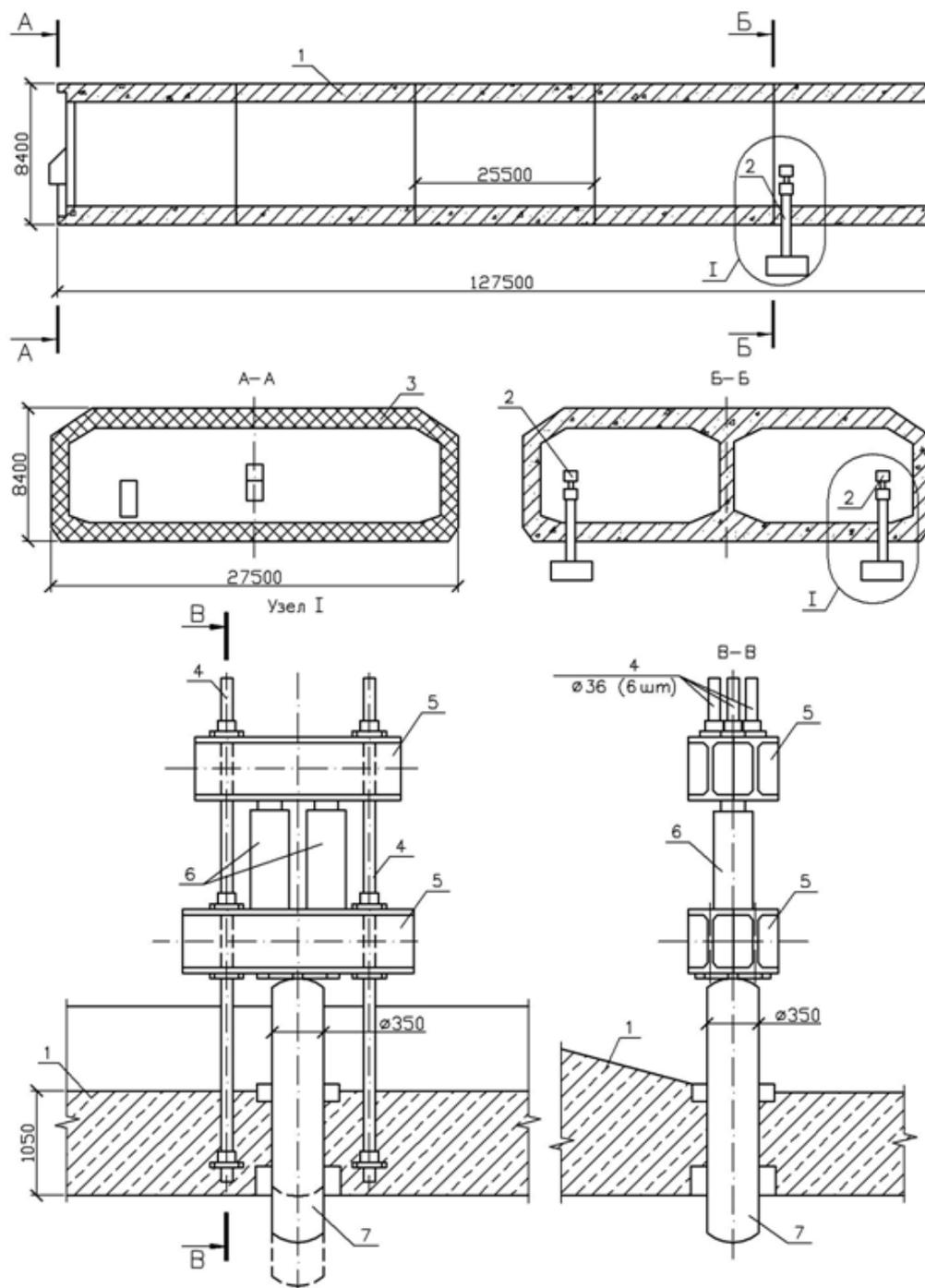


Рис. 5. Схема размещения опорных элементов для корректировки положения секций тоннеля: 1 – тоннельная секция; 2 – опорный элемент; 3 – упругий уплотнитель; 4 – тяж; 5 – траверса; 6 – гидравлический домкрат; 7 – стальной цилиндр

Стальные цилиндры проходят через отверстия в днище секции, как бы подвешивая последнюю на стальных тросах. Это позволяет добиться точности установки до $\pm 2-5$ см.

При установке секций на искусственное свайное основание их положение корректируют винтовыми домкратами, стопорными кулачками или другими устройствами, установленными на балках ростверка.

Установленные на временные опоры тоннельные секции удерживают в таком положении некоторое время (12–24 ч) для стабилизации первоначальных осадок основания [1, 6].

Подобную систему корректировки применяли, в частности, при строительстве тоннеля под р. Эмс в Германии.

Заключение

Расширение масштабов подводного тоннелестроения и намечаемое строительство ряда уникальных тоннелей методом опускных секций обуславливают необходимость дальнейшего совершенствования технологии транспортирования, опускания и установки тоннельных секций в проектное положение. Для опускания тоннельных секций в проектное положение представляется перспективной технология с применением плавучих платформ, автоматизированных систем баллаستировки и удержания секций в проектном положении. Отдельного внимания заслуживает способ опускания секций на воду подъемником с последующим погружением вместе с поперечными балками по домкратным стойкам.

Список литературы

1. Строительство автодорожных и городских тоннелей: учебник / Л.В. Маковский, Е.В. Щекудов, В.В. Кравченко и др. М.: РИОР: ИНФРА-М, 2014. 397 с.

2. Маковский В.Л. Подводное тоннелестроение. М: Транспорт, 1983. 182 с.
3. Маковский Л.В. Альтернатива щитовой проходке подводных тоннелей // Дороги. Инновации в строительстве. 2013. № 27. С. 158–161.
4. Курбацкий Е.Н. Преимущества тоннелей из опускных секций при сооружении транспортных переходов через протяженные водные (морские) преграды // Метро и тоннели. 2014. №4. С. 28–32.
5. Маковский Л.В. Перспективы развития подводного транспортного тоннелестроения // Наука и техника в дорожной отрасли. 2007. № 4. С. 18–20.
6. Маковский Л.В. Совершенствование строительства подводных транспортных тоннелей способом опускных секций // Транспорт. Наука техника, управление. 1993. № 5. С. 20–27.
7. Маковский Л.В., Меркин В.Е., Мостков В.М. Опыт строительства крупнейших подводных тоннелей // Подземное пространство мира. 1999. № 5. С. 11–16.

References

1. Makovskij L.V., Shhekudov E.V., Kravchenko V.V., Petrova E.N., Ziborov M.A., Sula N.A. *Stroitel'stvo avtodorozhnyh i gorodskih tonnelej: uchebnik* (Construction of road and urban tunnels), Moscow, RIOR: INFRA-M, 2014, 397 p.
2. Makovskij V.L. *Podvodnoe tonnelestroenie* (Underwater tunneling), Moscow, Transport, 1983, 182 p.
3. Makovskij L.V. *Dorogi. Innovacii v stroitel'stve*, 2013, no. 27, pp. 158–161.
4. Kurbackij E.N. *Metro i tonneli*, 2014, no. 4, pp. 28–32.
5. Makovskij L.V. *Nauka i tehnika v dorozhnoj otrasli*, 2007, no. 4, pp. 18–20.
6. Makovskij L.V. *Transport. Nauka tehnika, upravlenie*, 1993, no. 5, pp. 20–27.
7. Makovskij L.V., Merkin V.E., Mostkov V.M. *Podzemnoe prostranstvo mira*, 1999, no. 5, pp. 11–16.