

Кессонные фундаменты

Кессон (фр. caisson — ящик) — конструкция для образования под водой или в водонасыщенном грунте рабочей камеры без воды. Поступление воды в рабочую камеру предотвращается нагнетанием в неё сжатого воздуха. Кессон обычно сооружается на поверхности и погружается в грунт под действием собственного веса и веса надкессонного строения по мере выемки грунта. На кессонных основаниях обычно возводятся опоры мостов (быки).

Кессонный способ работы связан с использованием сжатого воздуха. Обычно основоположником кессонных фундаментов считают французского инженера Триже, хотя первый его кессон еще не был похож на современный. В 1841 г. Триже опускал стальные трубы диаметром 1,03 м через водоносный слой для разработки каменноугольных копей в долине Луары. Труба на глубину 15 м опускалась по принципу опускного колодца с водоотливом. Дальнейшее погружение трубы этим способом не удавалось, и Триже применил сжатый воздух, превратив опускной колодец в кессон. Конструкция кессона Триже показана на рис. 1. Вода из шахты вытеснялась сжатым воздухом.

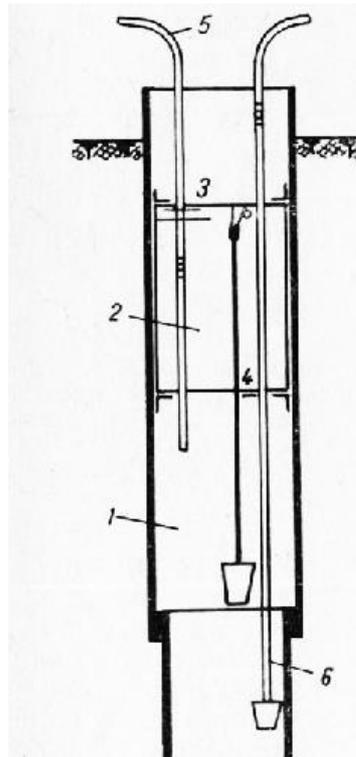


Рис. 1. Кессон Триже: 1 — шахта; 2 — воздушный шлюз; 3 и 4 — герметические двери; 5 — воздухопровод для сжатого воздуха; 6 — водоотводная труба

В оболочку был встроен «воздушный шлюз» с герметическими дверцами. Ниже шлюза находилась рабочая камера или шахта. Принцип работы заключался в следующем. Регулировочным краном воздухопровода давление воздуха внутри шлюза уравнивали с наружным. Когда давление воздуха было равно атмосферному, открывали дверь и входили в шлюз. А затем, закрыв верхнюю дверь и кран, соединяющий внутреннее пространство шлюза с атмосферой, открывали кран, при помощи которого шлюз сообщался с шахтой. Когда давление воздуха сравнилось с давлением в шахте, открывали нижнюю дверь, и из шлюза переходили в шахту. Выход из шахты через шлюз наружу происходил в обратном порядке. Рабочие опускались в шахту и подрывали грунт под трубой. Вырытый грунт накладывали в бадьи, которые поднимали в шлюз, а из шлюза грунт перемещали наружу. Применяя этот способ, Триже опустил трубу еще на 6 м.

Такой же способ повторил английский инженер Брюнель при постройке двух мостов, где опускались цилиндры диаметром 11 м и высотой 30 м.

Аналогичный способ был применен в 1857 г. при строительстве моста через р. Тиса в Венгрии для опускания стальной трубы диаметром 3 м. При строительстве этого моста были внесены некоторые усовершенствования в конструкцию кессона.

В 1856—1858 гг. в России также был применен этот способ при строительстве моста через р. Неман в Ковно, р. Вислу в Варшаве, р. Двину и др.

Конструктивное оформление современного кессона было дано инж. Дёнисом в 1859 г. при устройстве фундаментов Кильского моста через р. Рейн.

Предложенный Дёнисом кессон представлял собой металлический ящик, перевернутый дном вверх, который служил рабочей камерой и был соединен с шахтными трубами и со шлюзом. Такая конструкция выгодно отличается от конструкции цилиндрического кессона, примененного Триже, так как сталь расходуется только для устройства рабочей камеры, а тело опоры устраивается из менее дефицитного материала — камня и бетона. Принцип применения сжатого воздуха в том и другом случае одинаков.

Первый кессон современного типа имел в плане размеры 7х24м и высоту 3,8 м. По мере опускания рабочей камеры возводилась кладка тела опоры. Эта же конструкция была успешно применена при строительстве опор мостов в Швейцарии и через р. Преголя в Прибалтике. Однако более простые по форме цилиндрические кессоны были вытеснены не скоро. В России кессоны современного типа впервые применены в 1871 г. при строительстве моста через р. Днепр.

В России также широко применялись бетонные кессоны. Только на строительстве Восточно-Китайской железной дороги построено более 100 мостов на таких кессонах. Бетонные кессоны нашли применение и в 1910—1912 гг. при строительстве больших мостов через рр. Днепр, Дон и др.

Кессонный способ сооружения фундаментов значительно расширил возможности строителей. Там, где опускные колодцы не могли применяться по геологическим условиям (большие валуны, скальные прослойки, грунтовая вода и т.д.), их заменяли кессонами.

В практике мостостроения, особенно в Америке, применялись деревянные кессоны. Например, опоры Бруклинского висячего моста в Нью-Йорке с главным пролетом 487 м, построенного в 1870—1883 гг., сооружены на деревянных кессонах размером 32,2х52,5 м (площадь их равна 1592 м²). Вероятно, это самые большие кессоны в практике строительства мостов. Расход древесины на один кессон составил 3140 м³, а металла — 250 т. Глубина погружения кессонов — 24 м ниже уровня грунта. Большие кессоны из дерева в США применяли также при строительстве ряда других мостов, в частности при строительстве арочного моста в Сент-Луисе в 1870 г. (25х22,1 м), а также в 1911 г. на строительстве Ново-Квебекского моста (16,9х55 м) и др. Эти кессоны поражают своими грандиозными размерами, но не совершенством конструкций. Характерной особенностью строительства кессонных фундаментов является то, что размеры кессонов с развитием уровня техники сильно уменьшились.

Деревянные кессоны нашли применение и в России при строительстве опор мостов на сибирских железных дорогах.

При строительстве опор мостов на кессонных фундаментах иногда происходили неожиданные случаи. При строительстве кессонных фундаментов опор моста в Нью-Йорке в 1917 г. под фундамент одной из опор предполагалось опустить три кессона до верха скальных пород. При опускании третьего кессона до проектной отметки была обнаружена широкая расщелина в скале, заполненная мягкой породой. Строители приняли решение перекрыть расщелину железобетонными арками и консольными балками пролетами 18 м, которые опирались на два соседних кессона. Третий кессон

был поставлен на это перекрытие. Устройство железобетонных перекрытий производилось на глубине 21,35 м ниже горизонта воды под сжатым воздухом.

Еще более неожиданный случай имел место при строительстве фундамента автодорожного моста в Нью-Уэльсе в Австралии, где пришлось опустить кессон на глубину 75 м от уровня воды. При опускании кессона, когда он был погружен на глубину 15 м в грунт, а кладка была выведена на высоту 39 м, внезапно кессон опустился на 18 м. При этом верх кладки оказался на 14 м ниже поверхности воды, которая в этом месте достигала 35 м. Было решено опустить второй кессон на первый и объединить их. После этого кладка была выведена на 60 м. Колодец сел еще на 7 м. В процессе дальнейшего опускания также имело место скачкообразное опускание кессона на 8 м.

В практике отечественного мостостроения также были аварийные случаи при работе с кессонами. При строительстве моста через р. Днепр в 1871 г. один из кессонов опрокинулся и затонул. Чтобы опустить новый кессон, пришлось затонувший разрубить на части и извлечь. Были также неприятности при строительстве опор одного железнодорожного моста через р. Днепр: из-за неоднородности основания кессона произошел разрыв кладки тела одной из опор. Исправление разрыва кладки происходило в трудных условиях в течение 4 месяцев при круглосуточной аварийной работе. Строительство одной опоры заняло 5 лет.

В СССР кессоны широко применяли при строительстве мостов как на железных, так и на автомобильных дорогах. Наиболее современные методы нашли применение в строительстве новых московских мостов, построенных в 1936—1938 гг.

Наиболее сложные кессонные работы приходилось вести при строительстве Краснохолмского моста в Москве. Кессоны этого моста по своим размерам и глубине опускания относятся к категории выдающихся

сооружений. Дно русла реки сложено поверху культурным слоем, а затем следует песок с гравием, глины и суглинки. На глубине 27—30 м залегает известняк. Под каждую опору было опущено по два железобетонных кессона размером 17,5x35 м с расстоянием между ними 4,5 м. Кессоны имели ромбическую форму. Наибольшая глубина опускания кессона — 34 м. На этом мосту широко применили гидромеханизацию, что значительно повысило темп работ. Это было новинкой в мостостроении. При обычном способе ведения работы восемь кессонщиков выдавали в смену 30 м³ грунта, а с применением гидромеханизации 200 м³. Благодаря хорошей организации работа по устройству фундаментов закончена в течение 1 года.

Кессонные фундаменты применили также на строительстве ряда других московских мостов.

Гидромеханизация позволяет вести работу без людей в камере или при небольшом количестве людей. Первый способ получил название автоматического, или слепого. Этот способ испытан в 1937 г. на строительстве Б. Каменного моста, а потом на Наводницком мосту в Киеве в 1939—1940 гг.

В послевоенный период большой вклад в усовершенствование конструкций опор на кессонных фундаментах внесли мостостроители Прибалтики. Ими предложены и внедрены столбчатые опоры на кессонах-оболочках из тонкостенных железобетонных элементов весом 200 т и более.

Конструкция опор на кессонах-оболочках показана на рис. 2. Опора состоит из двух кессонов-оболочек, железобетонного ростверка и тела опоры. Кессоны-оболочки имеют в нижней части горизонтальные перегородки для размещения на них шахтных труб с кессонными аппаратами. Диаметры оболочек доходили до 6,3 м при толщине стенки 15 см. Оболочки изготовляли на стенде. Транспортирование и опускание оболочек производили двумя плавучими шевр-кранами грузоподъемностью до 90—100 т. После опускания кессонов-оболочек до проектной глубины и заполнения внутренней полости

бетонной смесью на головы оболочек устанавливали железобетонный ящик-ростверк с несколькими отсеками. Ящик-ростверк служил одновременно опалубкой ростверка. При заполнении ящика-ростверка бетонной смесью его объединяли с оболочками при помощи арматурных каркасов. Для бетонирования ростверка, верх которого находился ниже уровня воды, применяли водонепроницаемые инвентарные перемычки. Над ростверком обычным путем возводили тело опоры. За последние несколько лет построено 15 опор на кессонах-оболочках.

На одном мосту две опоры на кессонах-оболочках построены в трудных геологических условиях: дно русла реки на глубину 3—4 м состояло из песков с содержанием крупных и мелких валунов, а ниже залегал мощный пласт песчаника. Глубина воды составляла от 3,5 до 5 м, а скорость течения реки доходила до 5 м/сек. Возведение опор в двойном шпунтовом ограждении, рекомендованное в проекте моста, оказалось невыполнимым по геологическим условиям. Поэтому проект моста был пересмотрен, и опоры были построены на кессонах-оболочках. Кессоны-оболочки имели диаметр 5 м на нижнем участке высотой 3 – 4,8 м выше его. Расстояние между оболочками — около 9 м. При опускании оболочек на одной опоре встречались препятствия в виде сплотки деревянных свай и двутавровых балок. Оболочки были опущены в песчаник на глубину 2,7 м. Все работы по возведению одной оболочки заняли 32 дня.

Особенность опор на кессонах-оболочках — это замена массивных кессонов двумя облегченными железобетонными оболочками, широкое применение сборных элементов с большим монтажным весом и индустриальный метод строительства.

Однако кессонные фундаменты в настоящее время полностью вытесняются другими видами фундаментов, глубокого заложения.

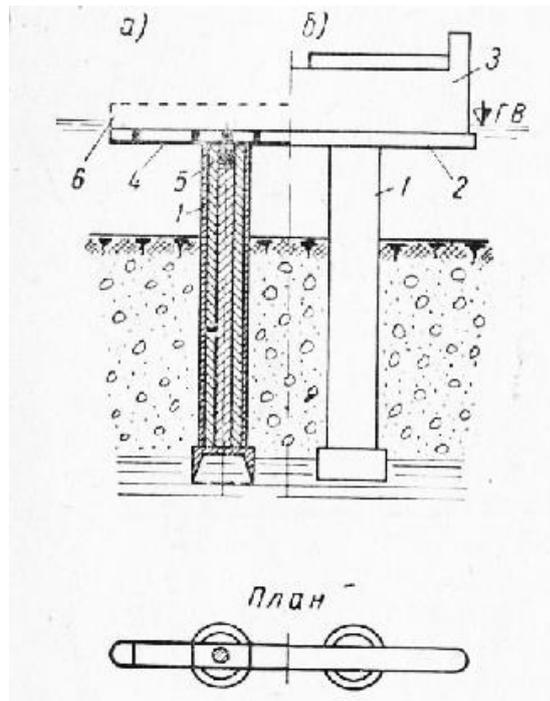


Рис. 2. Опора на кессонах-оболочках: а — незаконченная; б — законченная

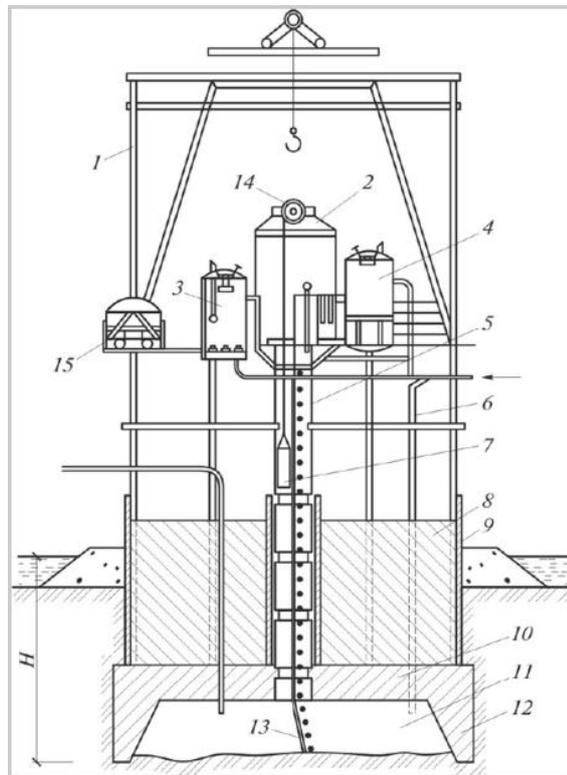


Рис.3. Общий вид кессона:

- 1 — подмости;
- 2 — шлюзовой аппарат;
- 3 — материальный шлюзовой прикамерок;
- 4 — людской шлюзовой прикамерок;

- 5 — шахтные трубы;
- 6 — трубопровод сжатого воздуха;
- 7 — бадья с грунтом;
- 8 — надкессонная кладка;
- 9 — надкессонная обшивка;
- 10 — потолок кессона;
- 11 — кессонная камера;
- 12 — стены кессона;
- 13 — лестница;
- 14 — тельфер;
- 15 — вагонетка с грунтом.