

Министерство образования Российской Федерации
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКИХ
И ВОДНОТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Учебное пособие

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
Издательство СПбГТУ

2001

УДК 528.48(075.8)

Инженерная геодезия. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации морских и воднотранспортных сооружений /Учеб. пособие/ В.С. Ермаков, Н.Н. Загрядская, Е.Б. Михаленко, Н.Д. Беляев. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. 72 с.

Пособие соответствует государственному образовательному стандарту дисциплины «Инженерная геодезия» направления 653500 «Строительство» подготовки бакалавров.

Изложены основные сведения по содержанию, методике и технике геодезических работ, выполняемых при строительстве и эксплуатации морских и воднотранспортных сооружений. Главное внимание уделено методам разбивочных работ, применяемых при строительстве, и методам наблюдений за деформациями сооружений, возникающих в процессе эксплуатации.

Предназначено для студентов инженерно-строительного факультета специальностей «Гидротехническое строительство», «Промышленное и гражданское строительство», «Городское строительство и хозяйство» в пределах программы бакалавриата.

Ил. 49. Библиогр.: 14 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного технического университета.

© Санкт-Петербургский государственный
технический университет, 2001

ВВЕДЕНИЕ

Пособие по курсу «Инженерная геодезия» предназначено для студентов инженерно-строительного факультета и посвящено геодезическому обеспечению строительства и эксплуатации морских и воднотранспортных сооружений.

Рассмотрены основные методы разбивочных работ, применяемые при строительстве, в частности определение на местности положения основных осей и границ сооружений и других характерных точек в соответствии с проектом при подготовительных работах и в процессе строительства.

Изложены основные методы наблюдений за деформациями основания и тела сооружений, происходящими под действием внешних факторов.

Описанные в пособии методы используются при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений, а также других объектов промышленного и гражданского строительства.

1. СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ МОРСКИХ И ВОДНОТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

К наиболее распространенным морским гидротехническим сооружениям относятся морские порты и сооружения, возводимые на континентальном шельфе.

Акватория порта состоит из рейдов (внешних и внутренних), гаваней и бассейнов. *Рейды* представляют собой участки акватории, предназначенные для маневрирования и отстоя судов на якорях в ожидании мест у причалов, для перегрузочных и других операций на плаву. Внешние рейды располагаются на акваториях, не защищенных оградительными сооружениями, а внутренние – под прикрытием последних. *Гаванями* называют участки акваторий, созданные в береговом массиве. *Бассейны* – это участки акватории, расположенные между пирсами.

Оградительные сооружения порта предназначены для защиты акватории от волнения, заиления наносами и от ледовых воздействий. К оградительным сооружениям относятся *молы* и *волноломы*. Мол корневой частью сопрягается с берегом, волнолом располагается в удалении от берега и не сопрягается с ним.

Знаки навигационной обстановки обеспечивают безопасность плавания судов в районе порта и составляют систему плавучих и береговых сигналов. К ним относятся *маяки, створные знаки, буи, вехи, сигнальные огни*.

Для перегрузочных операций с особенно крупными судами, которые не могут быть приняты в порту, возводятся *рейдовые причалы*, связанные с берегом трубопроводами или конвейерами на эстакадах.

Причальный фронт порта состоит из *вдольбереговых причалов, пирсов, причалов-гаваней и ковшей, молон-причалов* и предназначается для швартовки судов и перегрузочных, пассажирских и других операций. Чаще всего

причальные сооружения возводят в виде глухих набережных (стен), а также сквозных конструкций.

Берегозащитные сооружения предназначены для защиты берега и находящихся на нем объектов от разрушительного действия волн, течений и льда. Такие сооружения могут возводиться в виде *подпорных волноотбойных стен, наброски из камней* или *бетонных блоков, бун* и *подводных вдольбереговых волноломов*.

Судоподъемные сооружения служат для подъема судов из воды с целью их осмотра и ремонта. К этому классу сооружений относятся плавучие и сухие доки, продольные и поперечные стапели, слипы, эллинги и склизы, наклонные или вертикальные судоподъемники. *Сухой док*, в частности, представляет собой сооружение в виде расположенной на берегу осушаемой кафедры, изолируемой от акватории специальным затвором. *Стапели, эллинги* и *слипы* – сооружения, обеспечивающие перемещение судов по наклонным судовозным путям на судовозных тележках или салазках, а также на горизонтальные стапельные места.

Континентальным шельфом обычно называют прибрежную зону морей и океанов глубиной до 250–300 м. Характерным для шельфовой зоны является незначительный уклон дна. Для разведки, строительства и эксплуатации оборудования и сооружений, обеспечивающих добычу нефти и газа на шельфе необходимо возводить сложные гидротехнические сооружения. Это могут быть стационарные и передвижные сооружения различного типа и назначения. Для хранения и доставки сырья на берег могут возводиться хранилища, эстакады и трубопроводы.

К *воднотранспортным сооружениям* на внутренних водных путях относятся сооружения для выправления русл рек, знаки судоходной обстановки, а также судопропускные и причальные сооружения. В качестве судоподъемных сооружений используются *шлюзы* и *судоподъемники*.

Задачами геодезического обеспечения строительства морских и речных воднотранспортных сооружений являются: вынос в натуру их основных осей, точное размещение в плане и по высоте как всего комплекса сооружений, так и его отдельных элементов, производство детальных разбивок, обеспечивающих соблюдение заданных проектом размеров сооружений, осуществление геодезического контроля за работами в процессе строительства. Для объектов, возводимых в сложных геологических и гидрогеологических условиях, предусматриваются также периодические наблюдения за их горизонтальным сдвигом и осадкой и за состоянием прилегающих участков береговой зоны и акватории.

Несмотря на такой, казалось бы, традиционный характер перечисленных геодезических работ, они значительно отличаются от соответствующих видов работ на сооружениях, возводимых вдали от воды. Их специфика обусловлена, прежде всего, особенностями технологии строительства. В большинстве случаев эти сооружения возводятся на акватории подводным или пионерным способами, без применения перемычек или водоотлива. Их строительство осложнено рядом факторов: большие глубины, воздействие морских волн, химической и биологической агрессии морской среды, воздействие течений, плохая видимость при работе под водой. В результате значительно осложняется и производство геодезических измерений: разбивочные работы приходится выполнять в условиях обширного водного пространства, закрепляя точки плавучими знаками (буями), с дальнейшим переносом их на дно акватории.

Основным видом геодезических работ при строительстве являются разбивочные работы.

Геодезические разбивочные работы производятся с целью:

- переноса с чертежей в натуру (на местность) точного положения и размеров сооружений;
- контроля за правильностью возведения сооружения;

- наблюдения за осадками и смещениями сооружения в процессе строительства и эксплуатации;

- привязки вновь возводимых сооружений к существующим.

Разбивочные работы делятся:

- на плановую разбивку, связанную с переносом в натуру плановых размеров сооружений с определением их положения;

- на высотную, для определения положения отдельных конструктивных элементов по высоте и всего сооружения в целом относительно абсолютного либо условного уровня.

До начала строительных работ проектная организация должна составить:

генеральный разбивочный план строительства в единой координатной системе с нанесенными пунктами государственной и рабочей планово-высотной опорной сети, основными пунктами для разбивок, осевыми линиями всех сооружений со схемами и исходными числовыми данными для переноса в натуру с условными координатами отдельных точек, условными координатами концов и направления базисных линий, величинами и направлениями углов засечек, расстояниями до проектных точек, схемами примыканий к существующим сооружениям, отметками или превышениями;

пояснительную записку к генеральному разбивочному плану, содержащую: исходные данные и обоснования, описание метода и точности линейных и угловых измерений, оценку точности опорной сети, методику производства разбивочных работ, требования к точности разбивок, схему расположения и детальное описание знаков геодезической основы, каталоги условных координат и высот точек геодезической основы. Указанные документы, а также базисные, осевые и створные линии, исходные реперы и марки, закрепленные должным образом на территории либо акватории строительства, заказчик передает подрядчику.

Детальную разбивку элементов сооружения выполняет инженерно-технический персонал строительства по рабочим чертежам от основных и базисных линий.

Для наблюдения за колебаниями уровня (горизонта) воды на акватории устанавливают мареограф для непрерывной регистрации изменения уровня воды или водомерную рейку, по которой несколько раз в день (обычно в 7; 13 и 21 ч) делают отсчеты уровня. После привязки мареографа или водомерной рейки к отсчетному нулю регистрируемые уровни будут соответствовать фактическим отметкам уровней относительного нулевого.

Водомерные посты (рис. 1), оборудованные мареографом или водомерной рейкой, должны размещаться в непосредственной близости от строительства объекта в защищенных от повреждений и удобных для наблюдений местах.

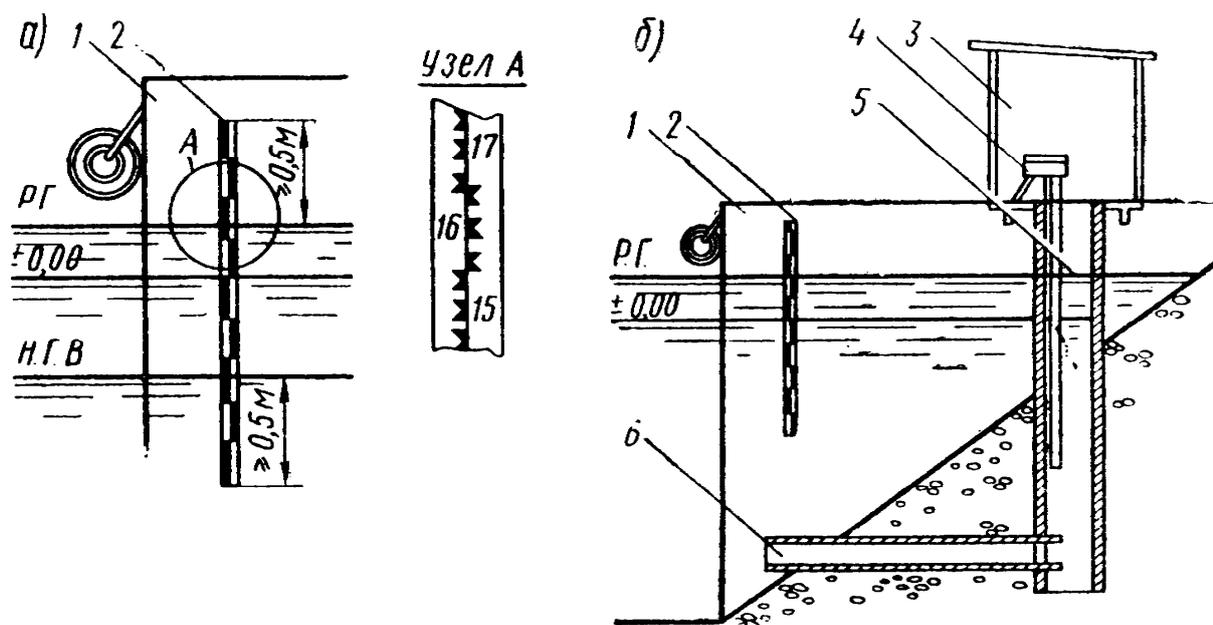


Рис. 1. Водомерные посты:

а – схема установки водомерной рейки на торце причала; *б* – схема мареографной установки; 1 – торцевая часть причала; 2 – водомерная рейка; 3 – будка; 4 – мареограф; 5 – колодец; 6 – подводная труба

Основные и вспомогательные разбивочные линии для некоторых сооружений показаны на рис. 2.

Основные разбивочные линии на местности закрепляются: на территории – бетонными тумбами со штырями и столбами (рис. 3), а на акватории – сваями, массивами, буями и бакенами, инструментально связанными с неподвижными знаками на берегу.

Для выполнения разбивки основных и вспомогательных осей (линий) на территории (или акватории) используют способ засечек или полярный способ.

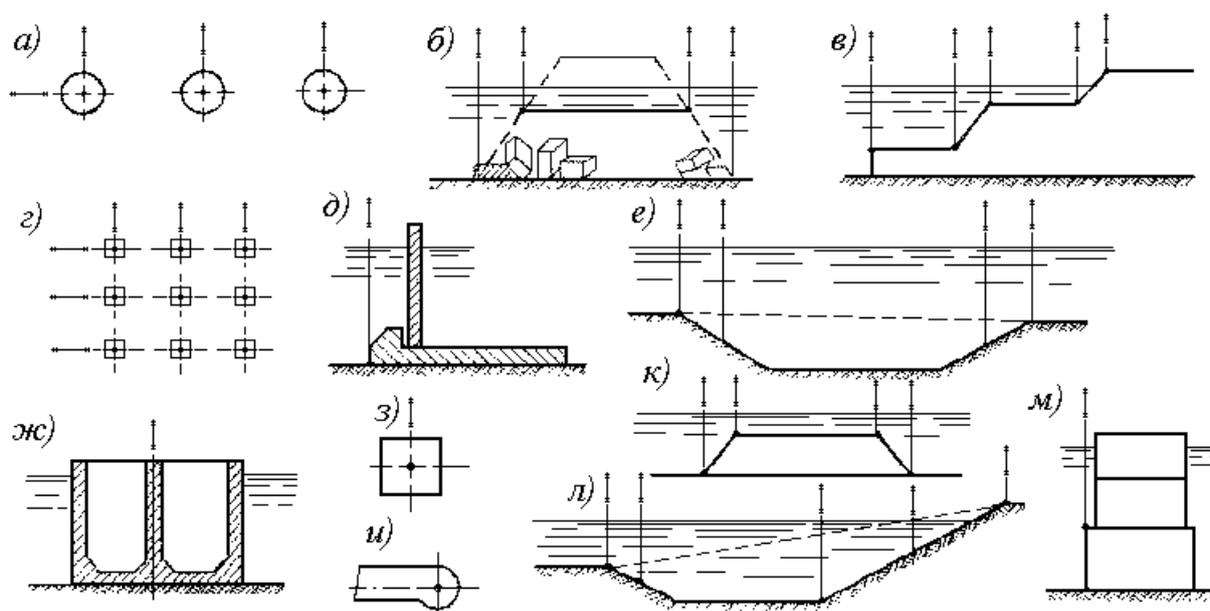


Рис. 2. Основные и вспомогательные разбивочные линии:

- а* – оси отдельно стоящих свай-оболочек; *б* – линии габаритов наброски из массивов;
- в* – линии ступенчатого берегоукрепления; *г* – оси свайных рядов;
- д* – боевая линия угловой стенки; *е* – створные линии при разработке котлована; *ж* – осевая линия массива-гиганта; *з* и *и* – оси головы оградительного сооружения; *к* – основные габаритные линии при отсыпке каменной постели; *л* – габаритные линии при устройстве котлована под причальные сооружения; *м* – боевая линия при массивовой кладке

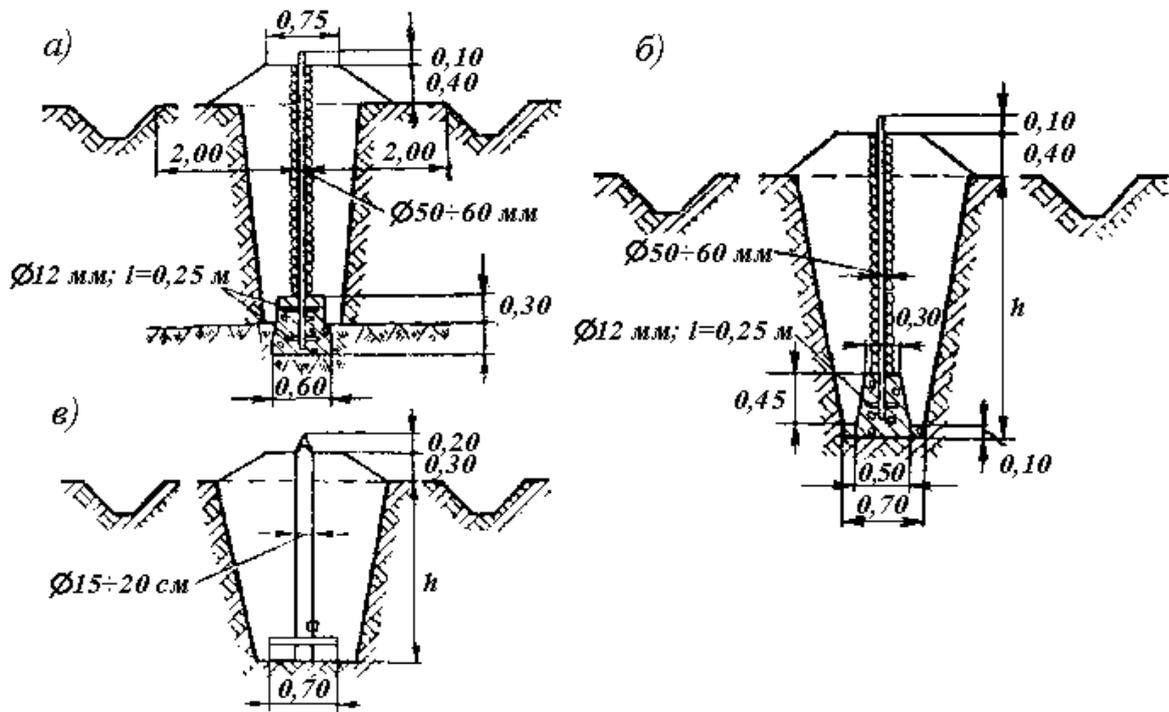


Рис. 3. Закрепление основных разбивочных линий:
a – постоянный репер на скальном основании; *б* – постоянный репер в мягком грунте; *в* – временный деревянный репер

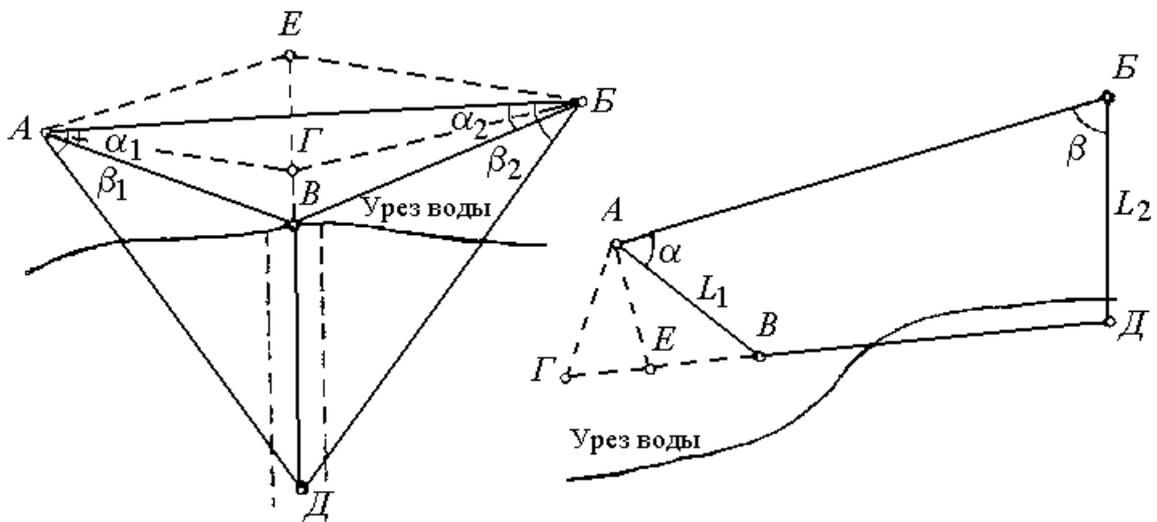


Рис. 4. Разбивка основных и вспомогательных осей:
a – способ засечки; *б* – полярный способ

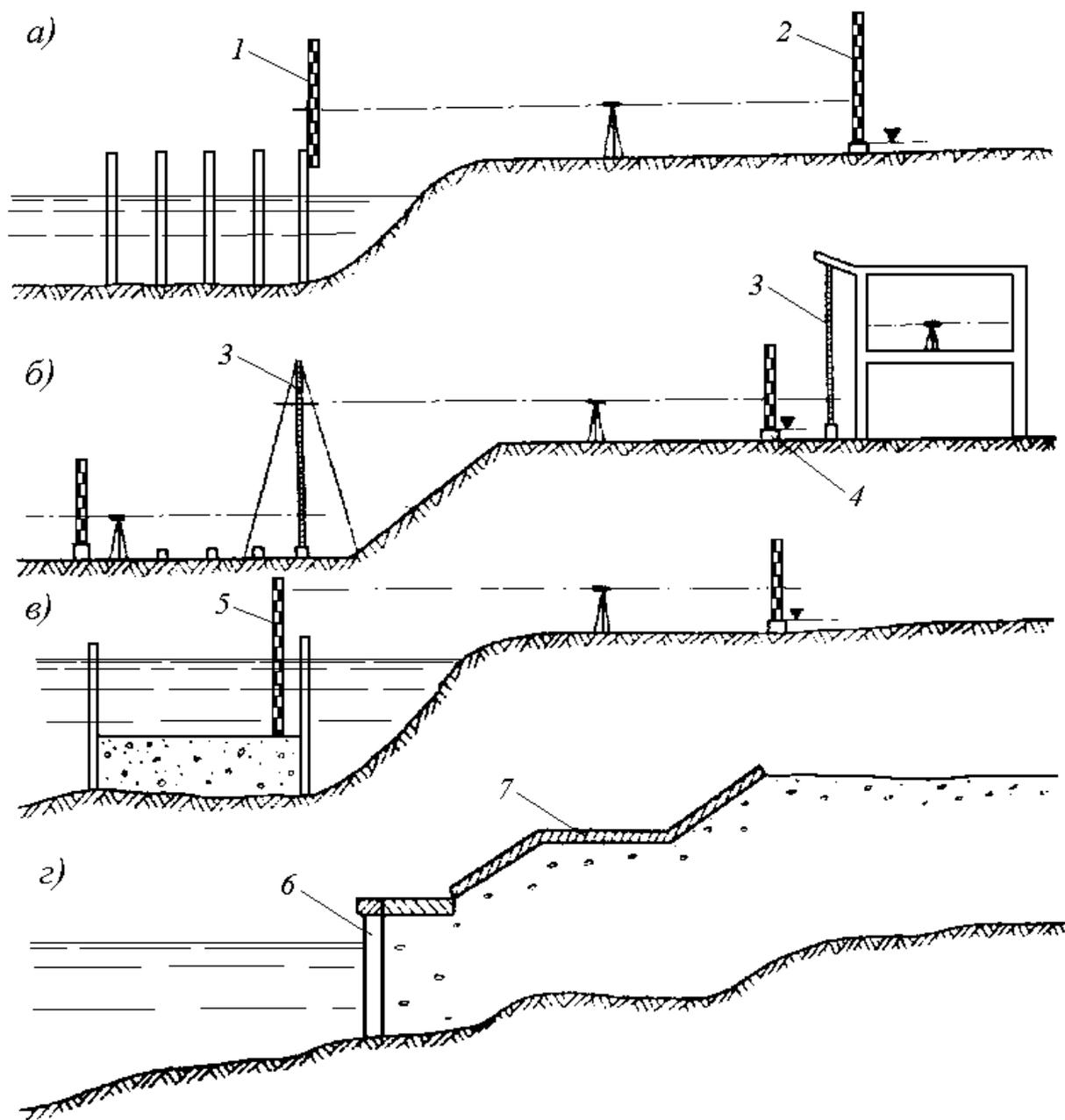


Рис. 5. Схема переноса отметок на сооружение:
a – прямым нивелированием; *б* – рулеткой с грузом;
в – футштоком с рейкой; *г* – с помощью шаблона;
1 – рейка на свае; *2* – рейка на репере; *3* – рулетка с грузом;
4 – рабочий репер; *5* – удлиненная рейка; *б* – сооружение; *7* – шаблон

Способ угловых засечек заключается в том, что одновременно двумя теодолитами, расположенными по концам закрепленной базисной линии, обозначенной на рис. 4,*a* буквами *A* и *B*, откладываются углы $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$. На

пересечении визирных осей теодолитов фиксируются искомые точки B и D . Для контроля разбивки и облегчения работы служат вспомогательные точки G и E .

Полярный способ разбивки заключается в том, что от закрепленной базисной линии AB (рис. 4,б) из точки A откладывается угол α и по заданному направлению с помощью мерной ленты отмеряют расстояние L_1 для нахождения точки B . Точка D находится аналогичным способом после того, как из точки B откладывается угол β и отмеряется L_2 .

Перенесение в натуру проектных и вспомогательных отметок выполняется непосредственным (простым) нивелированием по рейкам, установленным на рабочем высотном репере и сооружении. Таким образом переносят отметки на головы свай, плиты верхнего строения, надводные конструкции гравитационных сооружений (рис. 5,а). Рекомендуется с одной стоянки нивелира определять отметки сразу нескольких точек, расположенных в плане на расстоянии 5–20 м одна от другой, записать их на конструкции несмываемой краской. Это позволит переносить и определять отметки промежуточных точек при помощи измерений геодезическим инструментом, а также шнура или рейки с уровнем. Для переноса отметок на пониженные точки, когда длина рейки недостаточна для нивелирования по рейке, применяют подвешенную стальную мерную ленту или рулетку (рис. 5,б).

Отметки подводных частей сооружений (каменных постелей, фундаментных плит, нижних курсов массивов и др.) определяют нивелированием при помощи футштока с закрепленной в верхней его части нивелирной рейкой (рис. 5,в).

При планировке территории или больших площадей с помощью нивелира выносятся контрольные точки, между которыми производят высотную разбивку, используя при этом визирки.

2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СООРУЖЕНИЙ

2.1. Оградительные сооружения портов

Основным способом выноса в натуру осей молов и волноломов является способ угловой засечки. Вначале оси фиксируются буйами, а затем после возведения сооружения переносятся на его надводную часть.

В качестве геодезической основы разбивочных работ используют сети триангуляции или ходы полигонометрии IV класса и реперы нивелирования III класса.

Разбивке подлежат следующие основные и вспомогательные оси сооружений.

Основные оси:

- 1) для оградительных сооружений из обыкновенных массивов – боевая линия, т.е. фасадная линия торцов нижнего курса массивов (см. рис. 2,м);
- 2) для молов и волноломов – продольная осевая линия (см. рис. 2,ж);
- 3) для голов молов – продольная и поперечная оси (см. рис. 2,и).

Вспомогательными осями для котлованов и каменных постелей являются продольная осевая линия, а также верхняя и нижняя бровки (см. рис. 2,ж).

Для геодезических работ при постройке мола (рис. 6) от базисной линии I–II путем триангуляции устанавливаются и закрепляются дополнительные точки III, IV, V, VI. Разбивку точек мола 1–7 ведут методом засечек при помощи двух теодолитов, устанавливаемых в точках III, IV, V и VI. При этом углы α следует назначать не менее 30° .

Разбивочные точки 1–7 вначале фиксируют буйками, а по мере возведения мола выше уровня воды закрепляют на нем. Точки следует систематически проверять в процессе постройки и после штормов, поэтому теодолиты устанавливаются в будках постоянно на все время строительства.

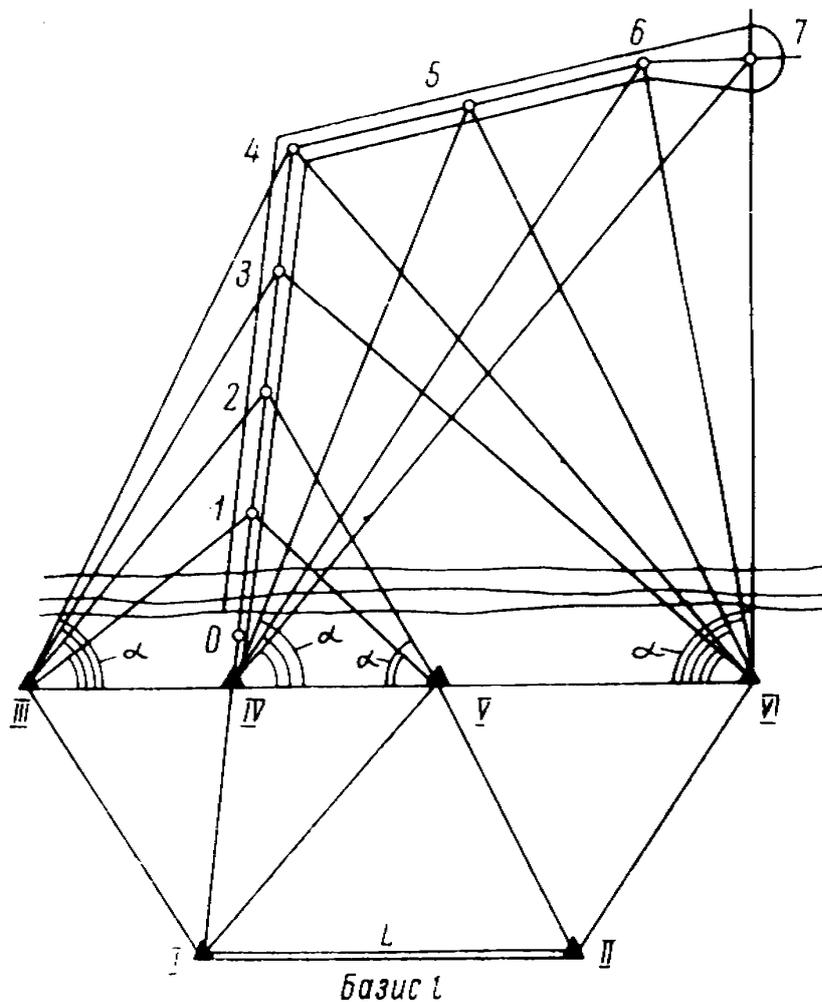


Рис. 6. Схема разбивки мола:
 ▲ – пункт портовой триангуляции;
 α – угол между магистралью и линией кордона

2.2. Причальные сооружения

Разбивке подлежат следующие основные и вспомогательные оси причальных сооружений.

Основные оси:

1) для причалов типа набережных: линия кордона, т.е. линия пересечения верхней плоскости сооружения с его лицевой вертикальной гранью, оси свайных рядов (рис. 7);

2) для пирсов – продольная осевая линия;

3) для причалов островного типа – продольная и поперечная оси (см. рис. 2,3).

Вспомогательные оси:

1) для берегового откоса – бровки откоса, бермы и линии изменения уклонов откоса;

2) для верхних строений причалов – оси основных элементов (ригелей и плит);

3) для швартовых тумб – линии их центров.

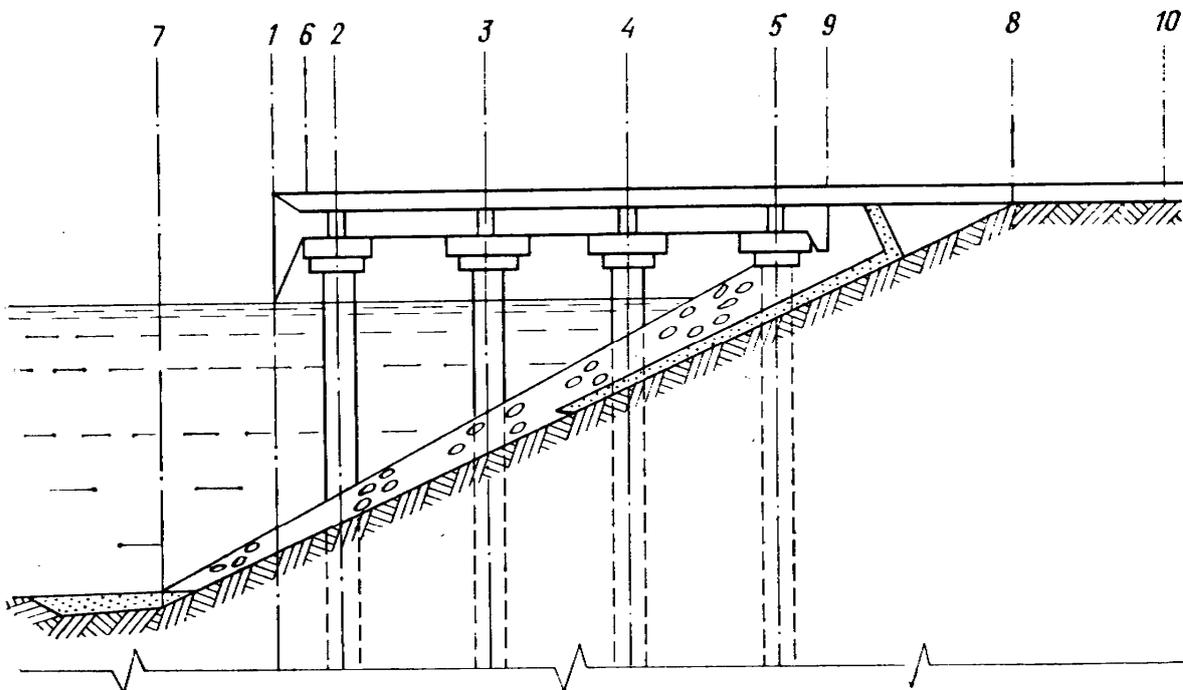


Рис. 7. Разбивочные оси причала эстакадного типа:

1 – линия кордона; 2, 3, 4, 5 – оси свайных рядов; 6 – оси швартовых тумб; 7, 8 – нижняя и верхняя бровки откоса; 9 – тыловая грань; 10 – базис разбивки

Основным способом выноса в натуру осей пирсов и причалов островного типа является способ угловой засечки.

Береговая разбивка основных линий причалов должна закрепляться с каждого конца не менее чем в двух точках; при закреплении основной линии

пирса с одного конца – не менее чем в трех точках. Длина створа на берегу между крайними точками закрепления должна быть не менее половины длины сооружаемого причала.

Базисные, магистральные, основные линии и реперы закрепляют на местности столбами из стальных труб со штырями. Закрепление линий вспомогательных разбивок причальных сооружений зависит от вида причала и выполняемых на нем работ.

Пример разбивки осей пирса на местности приведен на рис. 8,а. От базисной линии $I-II$ путем триангуляции устанавливают и закрепляют дополнительную осевую точку III . Разбивку точек $I-4$ пирса ведут методом засечек при помощи двух теодолитов, устанавливаемых в точках I, III, II . При этом угол α должен быть не менее 30° . Разбивочные точки $I-4$ вначале фиксируют буйками, а затем – на возведенных конструкциях. Для контроля точек во время строительства и особенно после штормов теодолиты устанавливаются в будках на все время строительства. Если пирс сооружают в закрытой акватории или естественной бухте, то осевой створ закрепляют как на берегу, так и на молу или на противоположном берегу бухты (см. рис. 8,а).

Разбивка линий кордона причальных набережных, расположенных вдоль берега, ведется от магистральной линии $I-V$, проложенной на берегу полярным способом (рис. 8,б). Полярные расстояния до осевых точек $0-4$ откладываются светодальномером или дальномером двойного изображения; применение мерных лент и рулеток для измерения расстояний $I-0; II-1; III-2$ и т.д. требует предварительного устройства специальных деревянных промерных мостиков. Величина разбивочных углов α остается постоянной:

$$\alpha = 90^\circ - \gamma,$$

где γ – разность дирекционных углов линии кордона и базисной линии $I-V$.

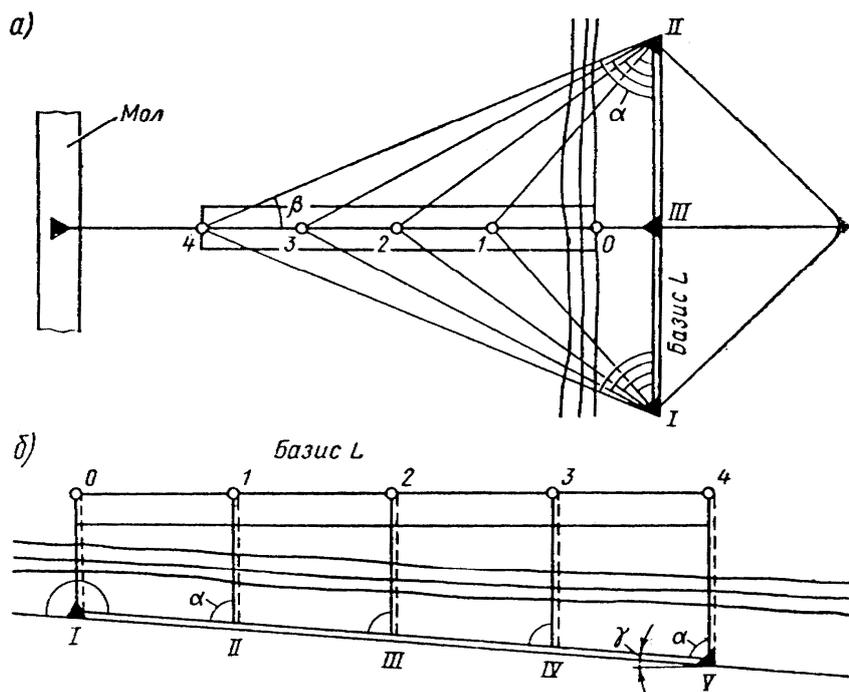


Рис. 8. Схемы разбивки причальных сооружений:
 α – угол засечки; β – угол между магистралью и линией кордона

Одним из наиболее трудоемких видов геодезических работ является геодезическое обеспечение строительства причалов из кладки массивов. По данным проекта из концов базиса I и II (рис. 9) теодолитами разбиваются и закрепляются буюми боевая линия $0,0_{II}$ и габаритные линии каменной постели $1-1'$, $2-2'$, $3-3'$ и $4-4'$. Отсыпка камня непрерывно контролируется наметкой, вначале с точностью до нескольких дециметров, а затем по мере выравнивания постели – нивелиром и закрепленной по наметке рейкой с погрешностью в пределах 3 см (рис. 10). Плановое положение бровок постели выверяется водолазом с помощью опускаемых со створных линий $1-1'$, $2-2'$, $3-3'$ и $4-4'$ разбивочных лотов-отвесов с массой груза 8–10 кг. Далее проводится цикл уплотнения каменной постели с постоянным геодезическим контролем: ежедневно нивелируются четыре угла устанавливаемого поверх кладки огрузочного массива с целью определения стабилизации процесса осадки постели. Перед укладкой нижнего (первого) курса массивов проводится

исполнительное нивелирование их основания по сетке квадратов 2×2 м. Для контроля кладки массивов в районе конца 0_{II} (см. рис. 9) створа боевой линии намывается остров, на котором сооружается командный пункт (КП) – место установки теодолита на весь период строительства.

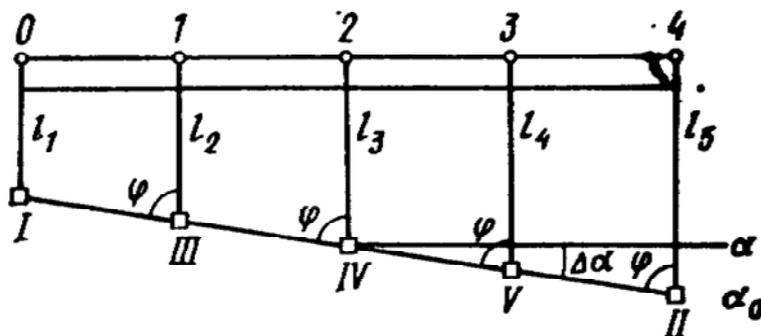


Рис. 9. Разбивка осей массивовой кладки

Командный пункт оборудуется световой и звуковой сигнализацией для дачи указаний крановщику об отклонениях массивов от проекта. Положение исходной точки A первого курса массива определяют створной засечкой с командного пункта и нулевого поперечного створа $a-A$, фиксирующего начало массивовой набережной (см. рис. 9). В этом месте с плавучего крана опускают маячную плиту I (рис. 11) с заделанной в нее скобой 2 . На стропе 3 крана на высоте 1 м над уровнем воды укреплен горизонтально труба с выдвижной рейкой 4 ; с конца рейки спущен отвес. По сигналу с командного пункта струна отвеса 5 вводится в створ визирной оси трубы теодолита, и водолаз фиксирует на скобе положение груза отвеса – точку боевой линии $б$. Такие же действия выполняются на маячной плите, опущенной с другого конца первой секции массивов. Через риски, фиксирующие на скобах положение боевой линии, перебрасывают и натягивают с помощью грузов (30–40 кг) разбивочный трос, по которому укладывают промежуточные массивы. Отклонение массивов первого курса от проектного положения не должно превышать 30 мм в плане и 40 мм по высоте.

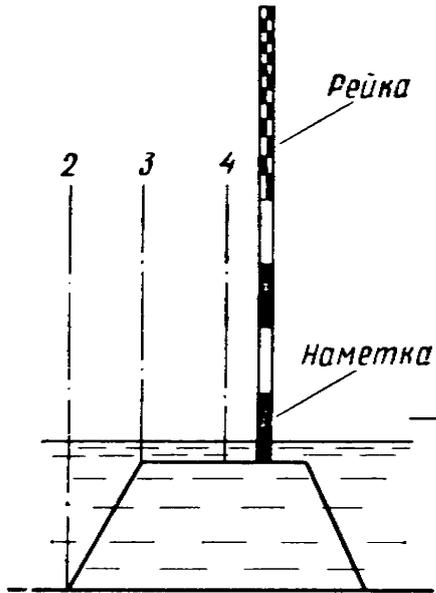


Рис. 10. Разбивочные оси ограждающих и причальных сооружений:

1 – боевая линия массивной кладки;
 2, 3, 4 – габаритные и осевая линии каменной постели; 5 – габаритная линия котлована; 6, 7 – бровки откоса и бермы; 8, 9 – линии изменения уклонов ступенчатого берегоукрепления

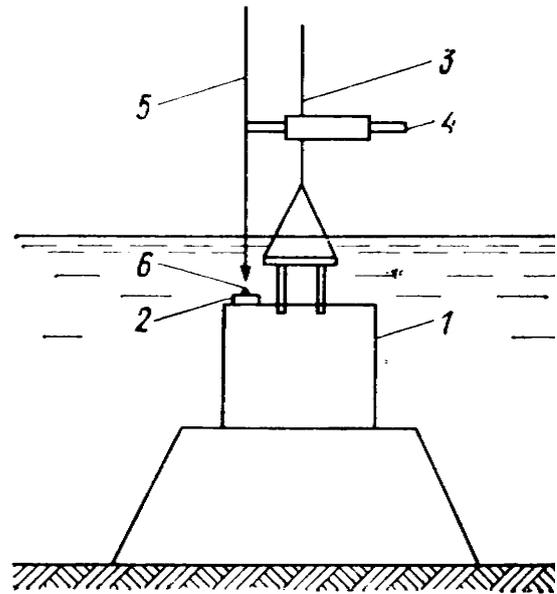


Рис. 11. Разбивка боевой линии в акватории

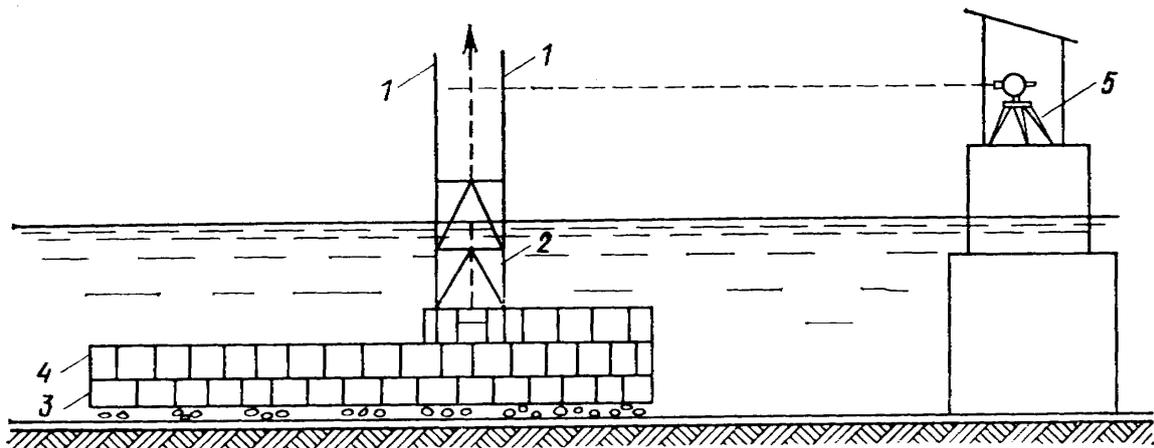


Рис. 12. Геодезический контроль кладки массивов с применением полуавтоматического самораскрывающегося захвата:

1 – трубка телескопического футштока; 2 – полуавтоматический самораскрывающийся захват; 3, 4 – первый и второй курсы массивов; 5 – теодолит

По мере возведения сооружения производят контрольное нивелирование верхних граней массивов каждого курса. Если строительство причала осуществляется с применением полуавтоматического самораскрывающегося захвата со съемным кондуктором, без участия водолазов, геодезической контроль сводится к слежению за положением двух рубок телескопического футштока захвата (рис. 12), которые должны находиться в створе визирной оси трубы теодолита.

2.3. Берегоукрепительные сооружения

Наиболее распространенным типом берегоукрепительных сооружений, возведение которых требует серьезного геодезического обеспечения, являются буны.

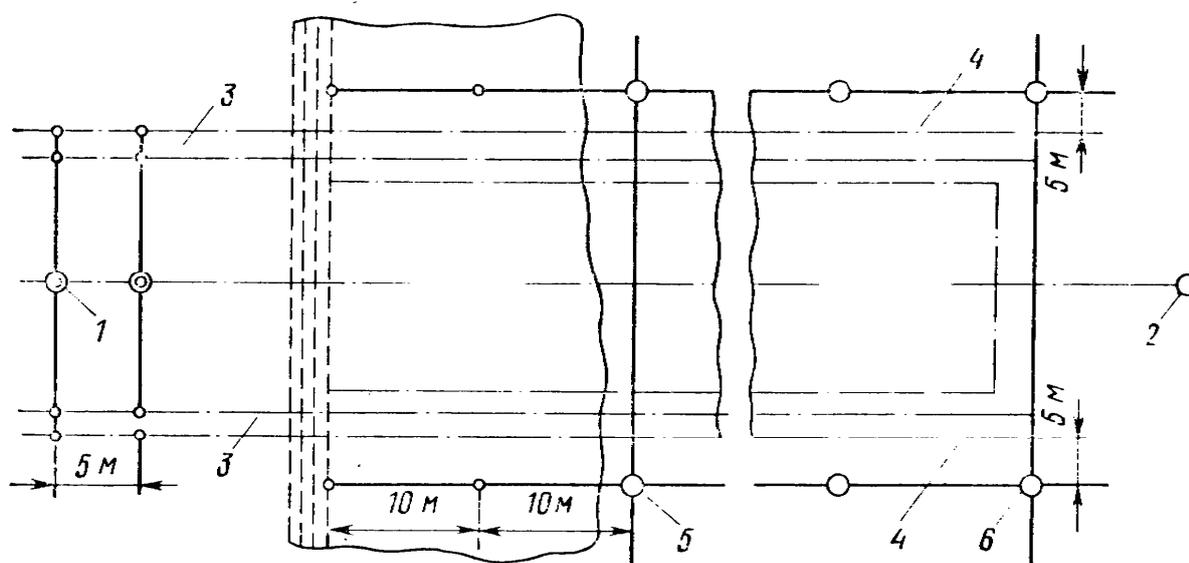


Рис. 13. Схема разбивочных осей буны

Основной осью в бунах, подлежащей разбивке, считается ее продольная осевая линия. Вспомогательными осями отмечают верхняя и нижняя бровки каменной постели.

На рис. 13 приведена схема разбивки осей буны гравитационного типа. С помощью створных знаков 1 и буя 2 закреплена основная ось буны на берегу и в акватории; параллельно ей разбиты верхняя 3 и нижняя 4 границы постели. Соответственно с помощью береговых знаков 5 и буями 6 зафиксированы границы корневой монолитной и головной частей буны.

Как и при разбивке пирса, разбивку бун удобно вести методом угловых засечек от базисной линии, разбитой на берегу.

2.4. Судоподъемные сооружения и доки

В зависимости от типа, габаритов и конфигурации сооружений, способов выполнения разбивочных работ и условий строительства создается локальная разбивочная основа или в виде осевых сеток, или в виде микротриангуляции.

Осевые сетки используются для геодезического обслуживания строительства слипов при наличии благоприятных условий с целью закрепления большого числа осевых знаков и их сохранности. Для сооружений докового типа, возводимых в глубоких котлованах, более удобным видом разбивочной основы является микротриангуляция.

Осевая сетка строится в виде поперечников, перпендикулярных главной продольной оси сооружения с интервалом, соответствующим размерам основных конструктивных секций, и с точностью 5 мм. Разбивку поперечников можно вести по створу главной оси (рис. 14,а) или же по параллельным ей вспомогательным осям (рис. 14,б). Расстояние от конца главной оси до первого поперечника ($A-a$) определяют по координатам этих точек, снятых графически с генерального плана; длины остальных интервалов задаются в проекте. Выполнив приближенную разбивку поперечников и закрепив каждый из них временными створными знаками, измеряют вторично все интервалы светодальномером. По разностям измеренных и проектных величин интервалов находят значения линейных редуций и откладывают их стальной рулеткой.

Перпендикулярность поперечников к главной оси проверяется выборочно измерением теодолитом Т2 углов 1 , 2 и т.д. (см. рис. 14,а). Контролем перпендикулярности служит равенство

$$C = 180^\circ - (\angle 1 + \angle 2) = 90^\circ \pm 5''.$$

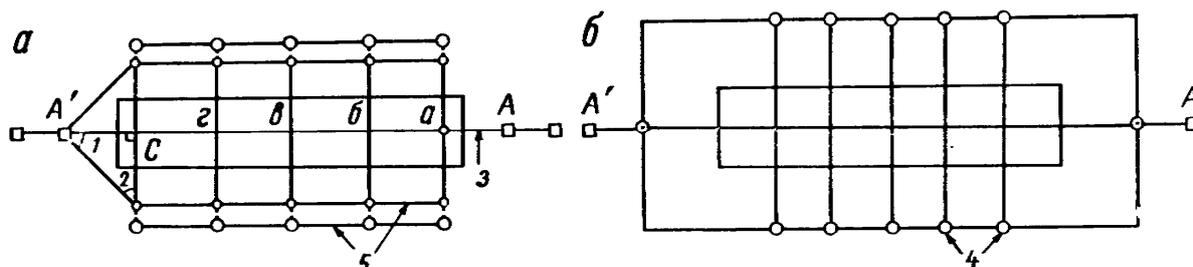


Рис. 14. Осевая сетка:

a – при разбивке поперечников по створу главной продольной оси;

b – при разбивке поперечников по вспомогательным осям;

$1, 2$ – контрольные углы; 3 – главная продольная ось;

4 – створные знаки; 5 – вспомогательные оси

Разбивочные сети в виде микротриангуляции строятся по двум схемам: с измерением двух противоположащих базисных сторон $III-IV$ и $VII-VIII$ (рис. 15,а) или нескольких диагоналей $I-VI$, $II-VI$, $I-IV$, $II-V$ (рис. 15,б). Углы микротриангуляции измеряются с допустимой погрешностью $5''$, а базисные стороны светодальномером с точностью не ниже $1:80\ 000$.

В период, предшествующий разбивке основных осей сооружений, на строительной площадке выполняется большой объем земляных работ: разработка котлованов под доковые камеры, вертикальная планировка наклонных и горизонтальных участков слипов и прилегающих к сооружениям территорий. На этом этапе строительства выносят на местность контуры котлована и проектные отметки его дна, а также проектные отметки и уклоны оснований горизонтальных и наклонных судовозных путей.

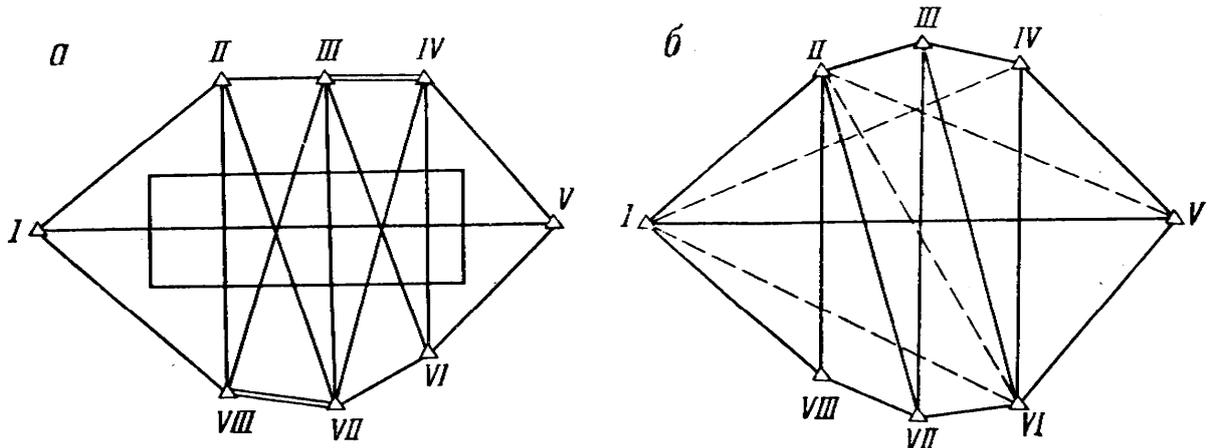


Рис. 15. Сеть разбивочной микротриангуляции:
a – с измерением базисных сторон; *б* – с измерением диагоналей (пунктир)

Перенос проекта в натуру осуществляется в две стадии. Вначале разбивают главные и основные оси сооружения. Для поперечного слипа такими осями являются (рис. 16): главная продольная ось $I-I$, оси крайних наклонных $1-1'$ и $2-2'$ и оси крайних горизонтальных $3-3'$ и $4-4'$ судовозных путей, граница подводного стапеля $5-5'$, линия сопряжения наклонной и горизонтальной частей слипа $6-6'$, оси крайних стапельных путей $7-7'$ и $8-8'$, межсекционные оси железобетонных плит, основания судовозных путей. После этого разбивают все промежуточные оси $9-9'$, $10-10'$... $17-17'$, в том числе оси головок рельсов и фундаментов под стационарное оборудование, а также выносят в натуру их проектные отметки и уклоны.

При строительстве дока разбивают его главную продольную ось $I-I$ и совпадающую с ней ось киль-блоков (рис. 17); оси, определяющие габариты камеры $1-1'$, $2-2'$, $3-3'$ и $4-4'$, оси подкрановых путей $5-5'$ и $6-6'$ и доковых опор $7-7'$ и $8-8'$, оси порогов основного и промежуточных затворов $9-9'$ и $10-10'$ и, наконец, межсекционные поперечные оси $11-11'$, $12-12'$ и $13-13'$.

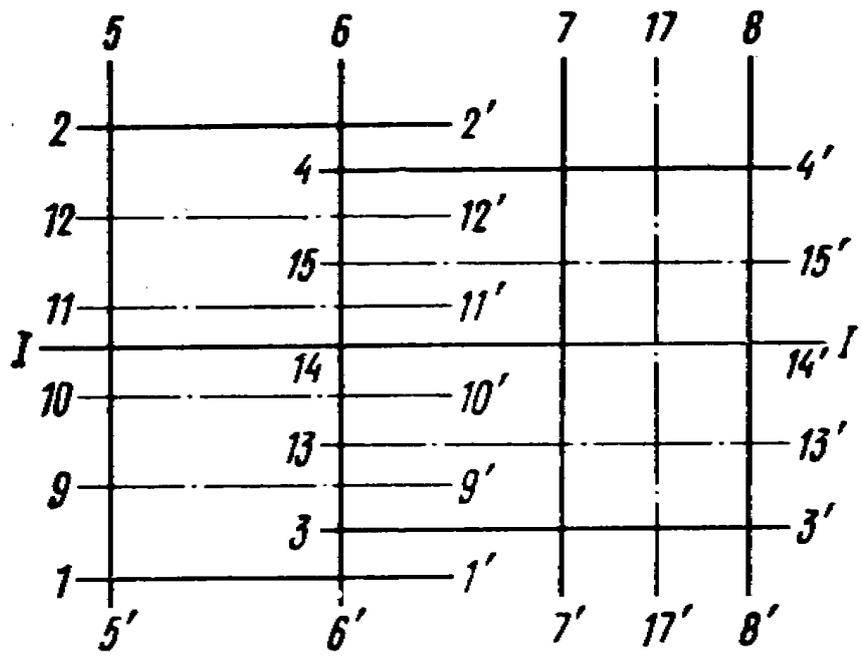


Рис. 16. Разбивочные оси поперечного слица

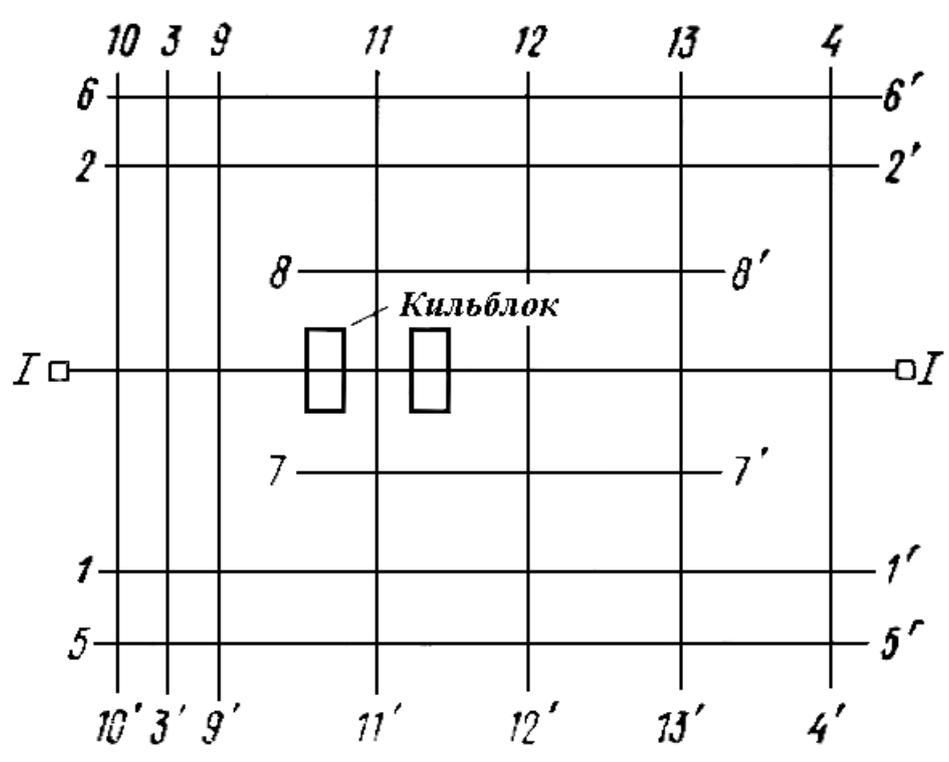


Рис. 17. Разбивочные оси дока

Завершают строительные работы текущими исполнительными съемками, выверяя фактическое положение возведенных конструкций и их частей. Так, например, правильность укладки рельсов контролируют створным способом и промерами междупутных расстояний через каждые 30 м; головки рельсов нивелируются на каждом стыке и посередине между стыками.

2.5. Дноуглубительные работы

Топографо-геодезические материалы для обеспечения дноуглубительных работ при строительстве и эксплуатации морских портов и каналов выполняются в приурезовых зонах в масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 и реже в масштабе 1:10 000. Они должны базироваться на опорную государственную триангуляционную сеть I и II классов. На участке съемки разбивают триангуляционную сеть III класса или полигонометрию III класса и производят нивелирование III и IV классов.

Места для постановки створных знаков и маяков должны привязываться к пунктам опорной сети. При рекогносцировке, служащей для выбора обоснования, на исследуемом участке моря от береговой сети развивают сеть плавучей триангуляции в виде цепочек треугольников. Опорными пунктами в море служат плавучие вежи, установленные на якорях. Углы измеряют секстаном с борта катера или шлюпки в штилевую погоду. Невязка в треугольнике допускается до 5'.

На основе промера, проведенного при рекогносцировке, по сторонам цепочки треугольников вычерчивают план участка, по которому составляют проект триангуляции и определяют высоты пирамид. Класс триангуляции выбирают в зависимости от площади промера. Сеть развивают до глубины 6 м.

Морская триангуляция III класса должна иметь длину сторон в пределах 3–6 км, диагональное направление – не свыше 8 км. Углы должны находиться в пределах 30–120°. Угловая невязка в треугольниках допускается 20". Средняя

квадратическая ошибка измеренного угла не должна превышать $\pm 7''$. Углы, характеризующие направление линий, в триангуляции III класса измеряют способом круговых приемов теодолитом с точностью $5''$. Морская триангуляция должна опираться своими начальными и конечными сторонами на береговые пункты. Если в сети не более шести – восьми треугольников, конечная сторона не привязывается.

На каждом пункте триангуляции III класса в море выстраивают простую четырехугольную пирамиду. По сравнению с наземными морские пирамиды делают облегченного типа, так как их устанавливают только на время работ. После установки пирамиды ставят центральную сваю, которая служит столиком для инструмента. Сваю забивают в грунт на глубину 1–1,5 м. Чтобы избежать определения элементов центровок и редукиции, визирные цилиндры ставят на центре столика. При наблюдениях на пункте визирный цилиндр снимают и вместо него ставят инструмент. В зависимости от глубины моря высоту пирамид рассчитывают так, чтобы луч визирования проходил на высоте не менее 2,5 м над водой. На рис. 18 показаны типы морских пирамид для разных глубин. Для сгущения опорной сети III класса развивают сеть IV класса; на базе III и IV классов в море для дальнейшего сгущения сети – аналитическую сеть специального назначения (АСС) методом триангуляции. Для пунктов АСС забивают сваи на глубину 1,5–2,5 м с подкосами. Сваи должны возвышаться над уровнем моря на 2 м. Для наблюдения устанавливают около сваи легкую переносную пирамиду и теодолит на сваю. Длина сторон треугольников АСС должна находиться в пределах 1–3 км. Измерение углов производят способом повторений техническим теодолитом. Угловая невязка в треугольниках не должна превышать $\pm 30''$. При вытянутом в одном направлении участке промера (по трассе канала) стороны треугольников АСС обычно находятся в пределах 0,6–1,5 км. Метод закрепления вершин треугольников и способ измерения

углов остаются прежними. Для сгущения триангуляционной сети развивают съемочные сети рабочего обоснования.

Промеры глубин для целей дноуглубления бывают *предварительные*, *исполнительные* и *контрольные*.

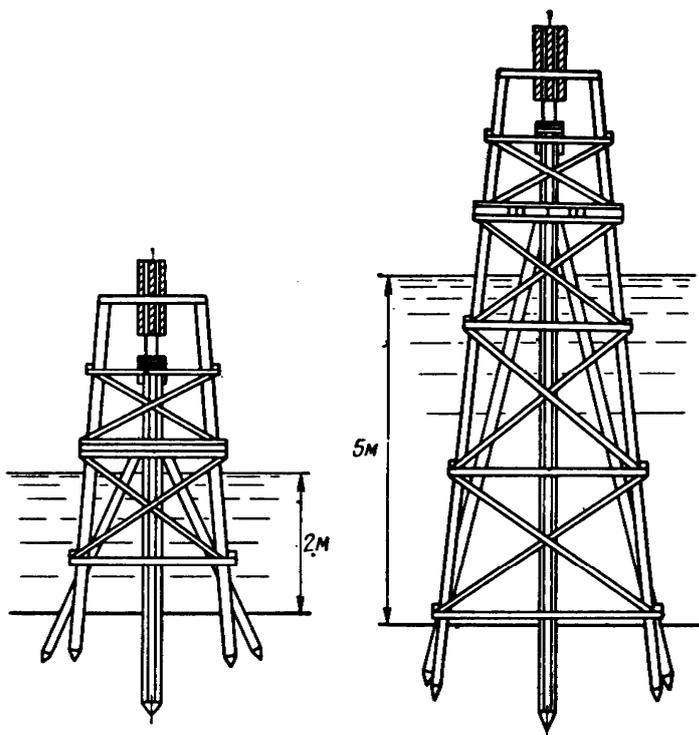


Рис. 18. Типы морских триангуляционных знаков для глубин 2 и 5 м

Предварительные промеры выполняют не ранее чем за 10 суток до начала дноуглубительных работ, а на участках, подверженных интенсивной заносимости, за 3–5 суток; исполнительные – не позже чем через 10 суток после окончания работ на каждом профиле; контрольные – в процессе производства дноуглубительных работ.

При выполнении работ на участках с малой заносимостью, где по условиям больших скоростей течения достижение требуемой точности промеров сопряжено со значительными трудностями, могут быть использованы в качестве предварительных зимние промеры, однако перед началом работ необходимо сделать контрольную проверку глубин (не менее трех – пяти точек на профиле, через один профиль).

На участках, подверженных штормовой заносимости, после штормов делают повторные предварительные промеры глубин впереди земснаряда и на сданных профилях, чтобы правильно учитывать на сданных до шторма профилях штормовую заносимость.

Планы участков дноуглубления с нанесением предварительных и исполнительных промеров составляются в масштабах: для акваторий и территорий – 1:500; 1:1000; 1:2000; для каналов – 1:2000.

План промеров может быть выполнен в смешанном масштабе, сжатом по оси. При этом горизонтальный масштаб (по оси прорези) 1:5000 или 1:10 000, вертикальный – 1:2000. В случае необходимости для участков большой протяженности и малой ширины поперечный масштаб может быть увеличен до 1:200–1:500.

Промеры участков дноуглубительных работ выполняют по поперечным профилям. Схема расположения профилей для каждого канала или акватории обычно постоянная, а профили по возможности закреплены привязкой на местности.

Расстояние между профилями устанавливают в зависимости от рельефа дна и протяженности участка работ: на каналах – 20, 50 или 100 м, на акваториях портов – 20 м; у причальных линий – 10 м. Допускается увеличение расстояний между профилями на каналах до 200 м, на акваториях – до 50 м, у причалов – до 20 м.

Промерные точки на профилях в пределах проектной ширины канала располагают через 10 м, на откосах – через 2,5 и 5 м. При производстве промеров путем угловой инструментальной засечки промерных точек с берега для подсчета объемов работ глубины выносятся на план через указанные выше интервалы с использованием линейной интерполяции.

Промерные точки на акваториях портов у причалов и оградительных сооружений, начиная от точки у сооружения, принимают на участке до 5 м

через 1 м; на участке от 5 до 10 м – через 2,5 м; далее две точки – через 5 м и последующие – через 10 м.

Для подсчета объемов работ в зоне формирования откосов и определения забровочных глубин промерные точки на каждом промерном профиле выводят за пределы проектной ширины прорези на расстояние, превышающие заложение проектируемого или сформировавшегося откоса на 20–30 м.

При выполнении дноуглубительных работ, связанных с разработкой береговой территории, по каждому промерному профилю производят нивелировку берега на расстояние, позволяющее подсчитать объемы на откосах. Данные нивелировки также приводят к принятому нулю глубин.

Все измерения и наблюдения, связанные с промерами, записывают в рабочие журналы (промерные, теодолитные, нивелирные, водомерные и т.п.) установленного образца, строго придерживаясь правил ведения журналов, не допуская пропуска имеющихся в них граф. Ошибочно сделанные записи и неверные отсчеты перечеркивают, а верную запись делают рядом. Стирать записанные данные в рабочем журнале не допускается. Все записи делаются простым черным карандашом. Ведение записей измерений и наблюдений на отдельных листах или в блокнотах не допускается.

Предварительные и исполнительные промеры выполняют в присутствии представителя заказчика и записи в промерном журнале заверяются его подписью.

Для постоянного контроля за глубинами при выполнении дноуглубительных работ, а также получения сведений о колебаниях уровня воды на участках работ при проведении промеров устанавливают *водомерные посты*.

В каждом порту или на участках канала имеется водомерный пост с контрольной рейкой и рабочая рейка.

Контрольная водомерная рейка привязывается нивелировкой к ближайшему реперу. Водомерный пост должен быть защищен от волнения и

повреждений, а сама рейка не должна обсыхать при самой малой воде и затапливаться при высокой воде.

Для дноуглубительных и промерных работ в качестве контрольной и рабочей реек могут быть использованы деревянные водомерные рейки длиной 2–4 м (в зависимости от амплитуды колебания уровня в районе работ).

Рейка (рис. 19,а) представляет собой деревянную доску шириной 12 см и толщиной 2,5–4 см. Лицевая сторона доски размечается делениями через 2 см. Черные деления 1 врезаны на глубину 1–2 мм. На свободных шашках выписывают цифры 3 дециметровых делений. Лицевая сторона и выпуклые деления 2 рейки окрашивают в белый цвет, а вырезанные деления – в черный. Остальная поверхность окрашена в белый цвет.

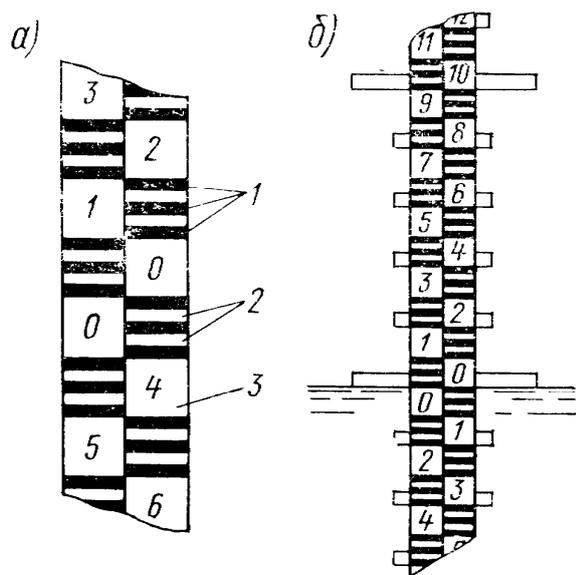


Рис. 19. Водомерные рейки

С целью улучшения видимости и удобства отсчета показаний рейки на расстоянии, а также при значительных колебаниях уровня следует применять рейку с поперечными планками (рис. 19,б).

Короткие поперечные планки, окрашенные в белый цвет, набивают через 20 см, а длинные планки должны обозначать целые метры. Ширина планок 5 см, длина: коротких – 25 см, длинных – 50 см.

Работа на водомерном посту организуется таким образом, чтобы сведения об уровне воды могли быть получены на земснаряде по радиотелефону в любое время суток. В тех случаях, когда разностью отметок уровня на водомерном посту и в районе работы земкаравана можно пренебречь или если эта разность является практически постоянной величиной, сведения можно передавать не менее четырех раз в сутки в определенные часы.

Иногда, если позволяют условия, в непосредственной близости от участка работ устанавливают рабочую водомерную рейку, нуль которой соответствует нулю контрольной рейки и отсчетному уровню.

Рабочую рейку устанавливают таким образом, чтобы отсчет по ней можно было делать визуально с борта земснаряда. Для лучшего отсчета на рейке через каждые 30 см прибивают контрастно окрашенные поперечные планки, позволяющие в условиях недостаточно хорошей видимости делать отсчет уровня от верха рейки по количеству планок. По мере продвижения земснаряда рабочую рейку переставляют. При отсутствии видимости с борта земснаряда для получения отсчета к рейке периодически посылают шлюпку или катер.

Наилучшим образом организация водомерных наблюдений осуществляется при помощи радиореек. Радиопередатчики уровня устанавливают в районах производства дноуглубительных работ с интервалом, соответствующим нормальному радиусу действия каждой радиорейки. Поплавок радиорейки в зависимости от уровня изменяет частоту радиоволн передатчика; радиоприемник на земснаряде настраивают на волну радиопередатчика. Отсчет уровня может быть взят в любой момент по шкале радиоприемника, имеющего соответствующую градуировку, либо по переводной таблице.

Сведения о фактическом положении земснаряда на прорези необходимо иметь в течение всего периода работы. О пройденном расстоянии судят по

поперечным профилям, о ширине разрабатываемой прорези – по положению земснаряда относительно оси канала или по бровкам.

При большой протяженности морских каналов точность определения ширины канала по осевым береговым створам и мерным тросам с удалением от начала (от осевых береговых створов) значительно уменьшается, что приводит порой к увеличению или, наоборот, уменьшению ширины канала в сторону одной из бровок, т.е. к снижению качества дноуглубительных работ и значительному объему непроизводительно извлеченного грунта.

Для папильонажных земснарядов знание его положения на прорези позволяет фиксировать момент выхода на линию бровки грунтозаборного устройства, а также определить длину выработки участка дноуглубительных работ за определенный период (за вахту, сутки и т.д.) и произвести подсчет извлеченного грунта на этом участке.

Для самоотвозных землесосов знание местоположения в любой момент позволяет выбрать нужную трассу движения (траншею) и удерживать землесос на заданном курсе в процессе грунтозабора; обеспечивать необходимую чистоту выработки бровок прорези; уточнять место начала и конца работы.

Имеются следующие способы определения места земснаряда:

- 1) относительно бровок или оси прорези;
- 2) относительно поперечных профилей.

К первым относятся следующие способы определения:

- по обратной засечке с применением гониометрических сеток;
- по осевому или бровочным створам и по створам, выставленным между осью и бровкой;
- по судовым технологическим приборам – папильонажемерам;
- при помощи радионавигационных систем.

Ко вторым относятся следующие способы определения:

- по обратной засечке с применением гониометрических сеток;

- по секущим створам или по осевому створу и углу между линией осевого створа и неподвижным предметом на берегу (знаком, приметным пунктом);
- по судовому технологическому прибору – подачемеру;
- при помощи радионавигационных систем.

Перечисленные способы имеют различную степень точности и некоторые из них применимы только при определенных условиях.

2.6. Сооружения континентального шельфа

В отличие от промерных работ на реках и морских каналах при съемке шельфа приходится измерять глубины по обширной площади исследуемой акватории, подобно тому как в процессе топографической наземной съемки определяют отметки и плановое положение большого числа речных точек. Но если топограф может свободно выбирать характерные точки местности для последующего нанесения их на карту, то подводный рельеф отделен от наблюдателя непрозрачным слоем воды. Поэтому измерение глубин на море ведут по заранее запланированной сети точек, количество которых зависит от сложности рельефа; впоследствии эту сеть сгущают в местах выявленных характерных форм поверхности дна. Промерные точки располагают по проектируемым направлениям движения с измерительными приборами – съемочными галсами.

Геодезическим обоснованием съемки шельфа служат государственные геодезические сети, создаваемые вдоль побережья методами триангуляции, полигонометрии и трилатерации, их пункты обозначаются на местности сигналами, пирамидами, турами из камней. В пределах прибрежной зоны, т.е. на расстоянии не более 10 км от берега, определение положения промерных точек производится теодолитом от пунктов береговой геодезической сети способами прямой и обратной засечек.

При значительном удалении промерного судна от берега его положение определяют с помощью радиогеодезических систем (РГС) – импульсных и фазовых радиодальномеров. Следует отметить, что аналогично определяется положение объектов, предназначенных для разведки и эксплуатации месторождений на шельфе, например буровых судов и установок.

Если плановая привязка судна осуществляется теодолитом, съемочные галсы проектируются в виде прямых линий. При применении радиогеодезических систем галсы имеют форму соединенных между собой дуг окружностей (рис. 20).

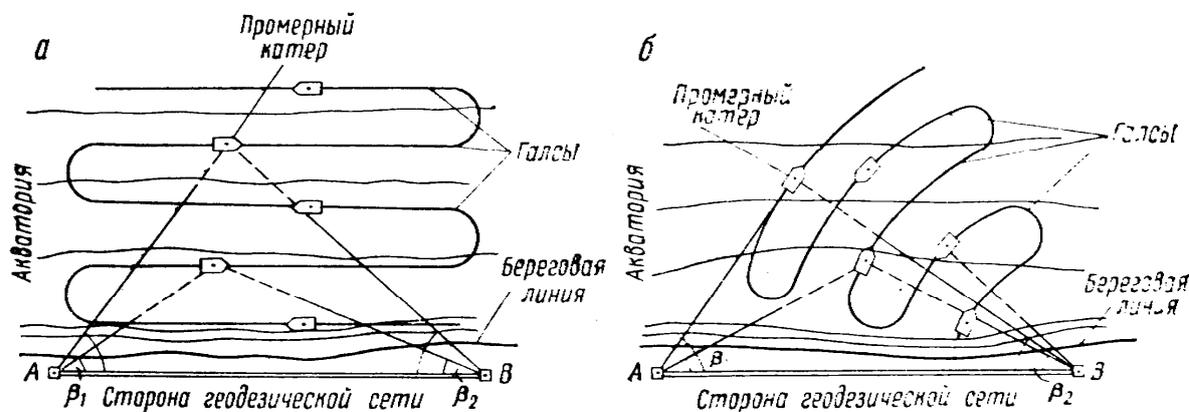


Рис. 20. Промерные галсы:
а – прямые; б – круговые

Съемка шельфа начинается с выведения судна на исходный съемочный галс. Через равные промежутки времени подается команда на одновременное измерение плановых координат и глубин. Дойдя до границы участка съемки, судно поворачивает на 180° и ложится на обратный курс смежного галса. Таким образом съемкой покрывается вся площадь участка.

Результаты съемки непрерывно наносятся на рабочие планшеты, по данным которых в дальнейшем составляются карты шельфа. Согласно действующим инструкциям гидрографической службы, средняя квадратическая погрешность определения места судна на галсе не должна превышать 1,5 мм в

масштабе съемки, а максимальное расстояние между промерными точками на рабочем планшете составляет 3–4 см.

Широкое применение в практике промерных работ получила отечественная модель эхолота ПЭЛ-3 с диапазоном измерения глубин 200 м и точностью порядка 1 %. В настоящее время при картографировании шельфа используют гидролокаторы бокового обзора (ГБО) – антенные устройства, передающие изображение дна на телевизионный экран. В отличие от эхолотов гидролокаторы позволяют выполнять площадную съемку подводного рельефа, не прибегая к сгущению галсов.

Промеры глубин производятся от поверхности морской воды, испытывающей постоянные колебания. Поэтому для приведения глубин к единому нуль-пункту одновременно с промерными работами выполняются наблюдения за уровнем воды с помощью приборов, называемых самописцами уровня моря.

Для топографических карт шельфа в России принята проекция Гаусса–Крюгера со стандартной номенклатурой. Основной масштаб карт – 1:25 000; зоны интенсивного освоения и разработки полезных ископаемых снимаются в масштабах 1:5000 и 1:2000; труднодоступные районы арктических морей – в масштабе 1:50 000 с последующим составлением карт более мелкого масштаба. Рельеф дна на картах шельфа изображается горизонталями; высота сечения рельефа, как и на суше, обусловлена масштабом съемки и характером рельефа.

Арктические моря России в течение 8–10 месяцев покрыты льдом. Промеры глубин в них обычно ведут эхолотами, смонтированными на вездеходах и тракторах с бурильными установками.

3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ

3.1. Общие принципы и методы проведения геодезических наблюдений

Для обеспечения надежной и безаварийной работы гидротехнических сооружений в соответствии с Правилами технической эксплуатации проводят регулярные наблюдения за всеми элементами сооружений с целью контроля за состоянием и условиями работы сооружения и своевременного принятия мер, обеспечивающих его нормальную работу.

Геодезические наблюдения за деформациями и смещениями включают измерения при помощи геодезических инструментов горизонтальных и вертикальных смещений сооружений. Для наблюдений используется измерительная сеть, состоящая из следующих знаков:

репер – высотное положение этого знака является практически неизменным во все время наблюдений за деформациями сооружений;

марка – жестко укрепленный на конструкции сооружения знак, изменяющий свое высотное и плановое положение вследствие смещений сооружений;

опорный знак – практически неподвижный в горизонтальной плоскости знак, относительно которого определяются сдвиги и крены сооружений.

Все геодезические знаки, установленные на сооружении и вблизи него, образуют наблюдательную и опорную сети, связанные между собой геодезическими измерениями.

Проект опорной и наблюдательной сетей составляется в результате общего осмотра гидротехнического сооружения и прилегающей к нему территории и акватории. При этом учитывается следующее:

- марки наблюдательной сети должны быть обязательно заделаны в тело сооружения в характерных точках, обеспечивающих наиболее полное отражение характера и размеров деформации;
- знаки наблюдательной сети необходимо располагать через 5–20 м вдоль сооружения в зависимости от его жесткости;
- места установки всех знаков опорной и наблюдательной сетей (реперов и марок) должны быть легкодоступны;
- знаки опорной сети следует располагать в стороне от транспортных коммуникаций и мест складирования и перевалки грузов;
- расстояния от знаков опорной сети до ближайших наблюдательных марок, расположенных на сооружении, не должны превышать 40–50 м;
- в том случае, если марки наблюдательной сети располагаются по створной линии, опорные знаки должны устанавливаться на перпендикулярах к створной линии в ее концевых точках;
- знаки опорной и наблюдательной сетей следует устанавливать с учетом возможной реконструкции и застройки территории исследуемого участка;
- для обеспечения надлежащей точности оптических наблюдений протяженность линий створа не должна превышать 100–150 м.

Виды опорной и наблюдательной сетей выбираются в зависимости от конфигурации и расположения исследуемых гидротехнических сооружений в плане, а также от условий планировки и застройки прилегающей к сооружению территории.

Для обеспечения сохранности знаков опорной и наблюдательной сетей необходимо не допускать навала грузов на марки и реперы; окрашивать или смазывать густой смазкой металлические стержни, стаканы, крышки марок и реперов; следить за тем, чтобы крышки над реперами и марками были постоянно закрыты и соприкасались с головками знаков; не допускать швартовки шлюпок и катеров за установленные знаки.

Измерение вертикальных смещений (осадок) сооружений может выполняться следующим образом.

- *Геометрическое нивелирование* заключается в определении превышения одной точки над другой при помощи горизонтального луча визирования и отвесно установленных в этих точках реек.

- *Тригонометрическое нивелирование* состоит в определении превышения одной точки над другой путем измерения угла наклона визирного луча и расстояния от инструмента до точек визирования.

- *Гидростатическое нивелирование* предусматривает определение превышения одной точки над другой с использованием закона сообщающихся сосудов.

- *Фотограмметрический способ* заключается в периодическом фотографировании фототеодолитом точек сооружения и обработки фотоснимков на стереокомпараторе с целью определения осадок.

Требуемая погрешность измерения величин осадок гидротехнических сооружений определяется предельными значениями смещений этих сооружений, которые могут быть допущены без нарушения нормальных условий их технической эксплуатации. Эти условия определяют выбор класса измерения и соответствующего метода проведения работ.

Перед началом измерений деформаций гидротехнических сооружений устанавливаются исходные геодезические знаки – реперы опорной сети:

- *глубинный* – фундаментальный геодезический знак, закладываемый в практически несжимаемые грунты (рис. 21, 22);

- *грунтовой* – знак, закладываемый ниже глубины промерзания грунта (рис. 23, 24);

- *стенной* (или *стенная марка*) – геодезический знак, закладываемый в стену здания или сооружения, осадку которых можно считать практически закончившейся (рис. 25, 26).

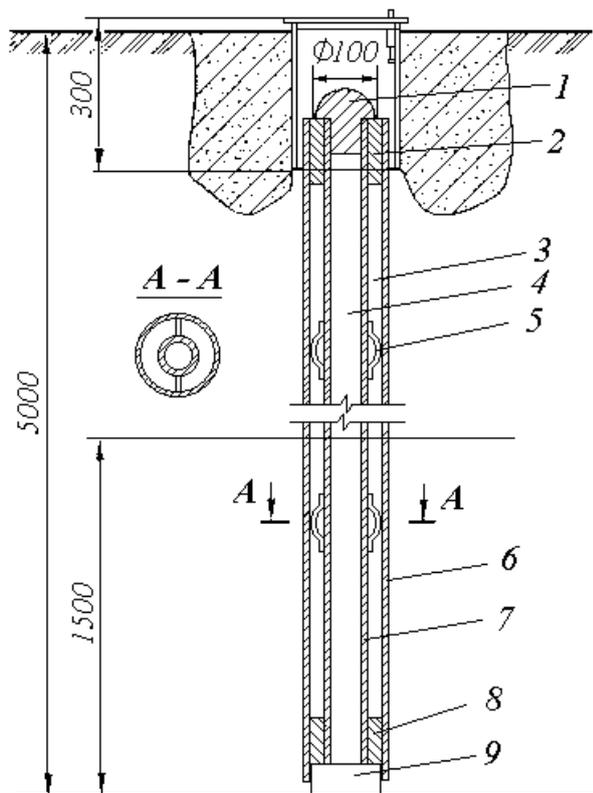


Рис. 21. Глубинный трубчатый репер, закладываемый бурением:
 1 – запрессованная бронзовая головка с перекрестием; 2, 8 – сальники; 3 – мазут;
 4 – цемент; 5 – наваренный фонарь из полосового железа; 6 – труба (\varnothing 150 мм); 7 – труба (\varnothing 60 мм); 9 – поддон металлический

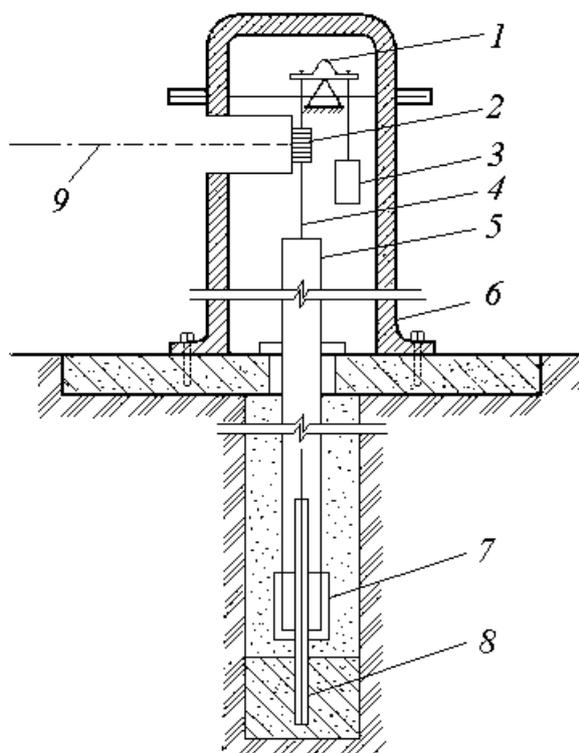


Рис. 22. Глубинный репер с гибкой реперной штангой:
 1 – рычаг; 2 – шкаловая марка; 3 – груз; 4 – инварная проволока; 5 – защитная труба; 6 – труба-люк; 7 – сальник; 8 – шток; 9 – горизонт инструмента

Основание глубинного репера доводится до скального или практически несжимаемого грунта. Грунтовые реперы (обычно трубчатые или свайные) служат для проверки знаков наблюдательной сети в высотном и плановом отношении.

Стенные реперы и марки из грунта или упрощенные из стального уголка закладываются не ниже 0,5 м над поверхностью территории.

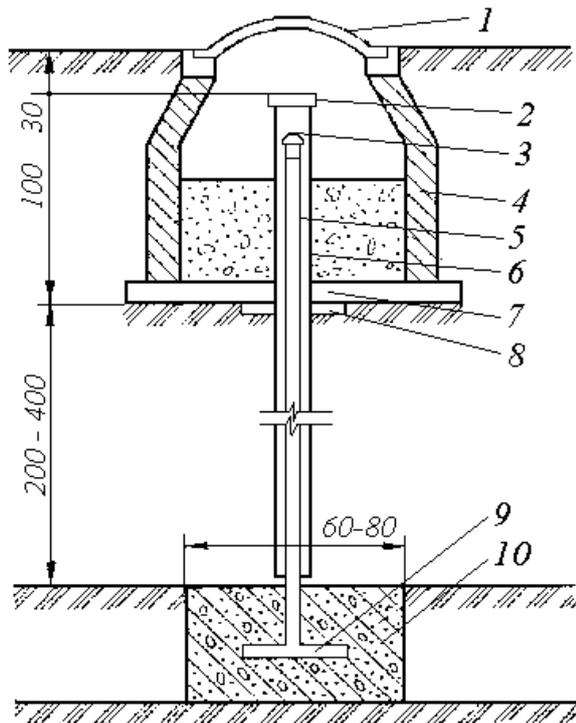


Рис. 23. Трубчатый грунтовой репер на бетонном фундаменте:
 1 – люк с крышкой; 2 – крышка;
 3 – реперная головка (\varnothing 2–4 см);
 4 – кирпичный или бетонный сборный колодец; 5 – реперная труба (\varnothing 7–8 см);
 6 – защитная труба (\varnothing 12–15 см);
 7 – бетонная подготовка; 8 – хомут для удержания защитной трубы; 9 – анкерный лист; 10 – бетонная подушка; 11 – шлак

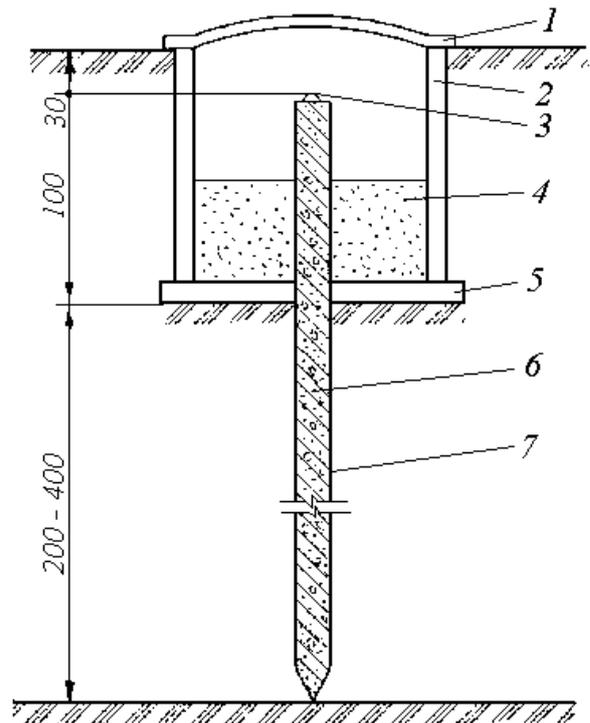


Рис. 24. Грунтовой свайный репер, устанавливаемый забивкой или в котловане ниже глубины промерзания на 1–2 м:
 1 – люк с крышкой; 2 – кирпичный или бетонный сборный колодец;
 3 – реперная головка (\varnothing 2–4 см);
 4 – шлак; 5 – бетонная подготовка при установке в котлован; 6 – свая;
 7 – толь или битум

После установки репера на него передаются отметки от ближайших точек государственной геодезической высотной сети или он привязывается к условной системе высот.

Наблюдательные марки различного назначения, заложенные в тело сооружения, образуют наблюдательную сеть. Размещение марок должно обеспечивать наиболее благоприятные условия выполнения геодезических работ.

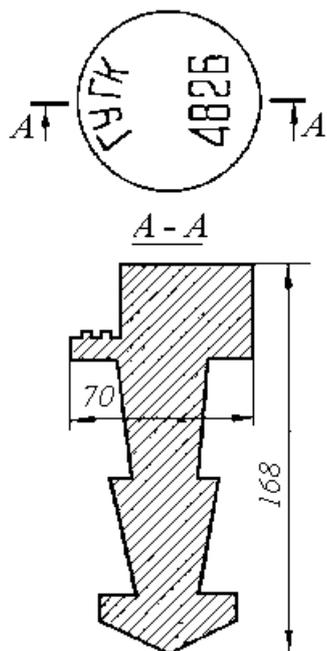


Рис. 25. Стенной нивелирный репер

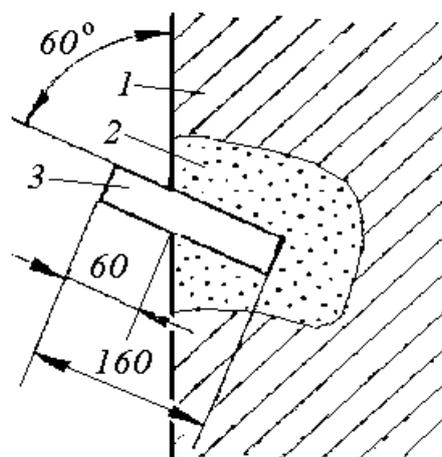


Рис. 26. Стенной нивелирный репер упрощенного типа:

1 – каменная стена; 2 – цементный раствор; 3 – уголок 30×30×5 мм

Измерение горизонтальных смещений сооружений выполняется следующими методами:

- *створные наблюдения*, применяемые в случае неподвижности концевых знаков створа – наблюдательных пунктов;
- *измерения малых (параллактических) углов*, заключающиеся в точном измерении теодолитом малых углов между постоянным направлением створа и направлениями на каждую промежуточную наблюдательную марку, лежащую примерно на этом створе;
- *отдельные направления*, при которых допускается предварительно не вычислять координаты наблюдательных марок в различных циклах наблюдений;

- *триангуляция*, применяющаяся для наблюдений за горизонтальными смещениями гидротехнических сооружений, на которых наблюдательные пункты не могут быть связаны с опорными пунктами путем линейных измерений;

- *полигонометрия*, основанная на измерении сторон и углов замкнутых полигонов, образованных знаками опорной сети (реперами) и наблюдательных пунктов, расположенных на сооружении, с целью вычисления координат наблюдательных пунктов за период между двумя наблюдениями определяют из двух циклов наблюдений с учетом возможного смещения знаков опорной сети;

- *трилатерация*, заключающаяся в измерении в треугольнике, образованном наблюдательным пунктом и двумя опорными пунктами, применяется для наблюдения за горизонтальными смещениями сооружений;

- *комбинированный*, применяемый при измерениях горизонтальных смещений при неустойчивости наблюдательных пунктов: метод створных наблюдений комбинируется с методами отдельных направлений, триангуляции, полигонометрии, трилатерации.

Измерение горизонтальных смещений сооружений, так же как и измерение их осадок может выполняться фотограмметрическим способом.

Техническая документация по результатам геодезических наблюдений за общими и местными деформациями сооружения должна освещать цели и задачи измерений, примененную методику работ и использованные инструменты, периоды наблюдений, вид производства работ (рекогносцировка, изготовление и установка знаков, угломерные наблюдения, створные измерения, нивелирование, измерение углов наклона верхней грани сооружения и т.п.), камеральную обработку с оценкой точности измерений.

3.2. Геодезические наблюдения за морскими сооружениями

Горизонтальные и вертикальные смещения морских гидротехнических сооружений происходят под воздействием внешних нагрузок и могут быть следствием деформаций грунта в основании сооружений, сдвига сооружения по основанию и деформаций самого сооружения. Величину смещений измеряют с помощью геодезических инструментов с точностью для горизонтальных смещений ± 5 мм, для осадок ± 3 мм.

Измерение деформаций морских гидротехнических сооружений должно проводиться по следующим этапам: составление рабочей программы, организация измерений, непосредственные измерения, обработка результатов измерений, составление отчета по результатам измерений. Инструментальные наблюдения за деформациями причальных сооружений, эксплуатируемых круглый год, рекомендуется проводить перед началом навигации, периодом интенсивной эксплуатации или после ее окончания, а для оградительных и берегоукрепительных сооружений – перед осенне-зимним штормовым периодом или после него.

В случаях если портовые гидротехнические сооружения находятся в аварийном состоянии, под нагрузкой свыше установленных норм, если перед сооружением выполнено дноуглубление и т.п., наблюдения за их деформациями производятся по особому календарному графику, разработанному совместно с проектной и научно-исследовательской организациями.

Для наблюдений за смещением сооружений разбивают наблюдательную и опорную сети в виде системы марок, заложенных в тело сооружения, и постоянных реперов, размещенных вблизи сооружений на устойчивом грунте или на фундаментах капитальных зданий, не претерпевающих смещений.

Для наблюдений за смещениями верхнего строения портовых гидротехнических сооружений закладывают кордонные наблюдательные марки – планово-высотные знаки, которые устанавливают точно по створной линии. Отклонение марок от створной линии во время закладки не должно превышать

± 10 мм. Марки представляют собой металлические стержни длиной 300 мм и диаметром 20–30 мм со сферической головкой из цветного металла, на которую нанесена крестообразная насечка (рис. 27).

Для измерения наклона верхней грани сооружения закладывается специальная марка, изображенная на рис. 28.

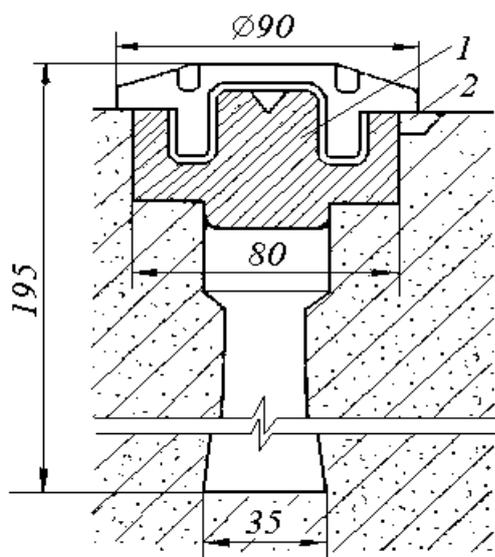


Рис. 27. Кордонная наблюдательная марка и предохранительный стакан (поперечный разрез):
1 – запрессованная латунная головка с крестообразной насечкой; 2 – планка 150×30×5 мм

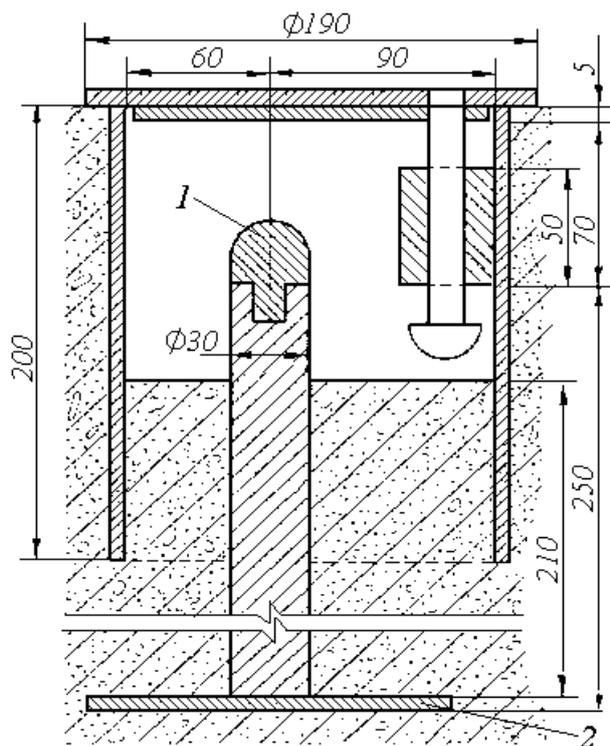


Рис. 28. Специальная наблюдательная марка с защитной крышкой (конструкция Гидропроекта):
1 – крышка; 2 – остов марки

Для наблюдений за вертикальными смещениями сооружений закладывают стенные наблюдательные марки на высоте стенки в виде металлического стержня с круглой головкой и глубинные наблюдательные марки, которые устанавливают в тыловой части сооружений (в основном причальных) и выводят на поверхность грунта (рис. 29).

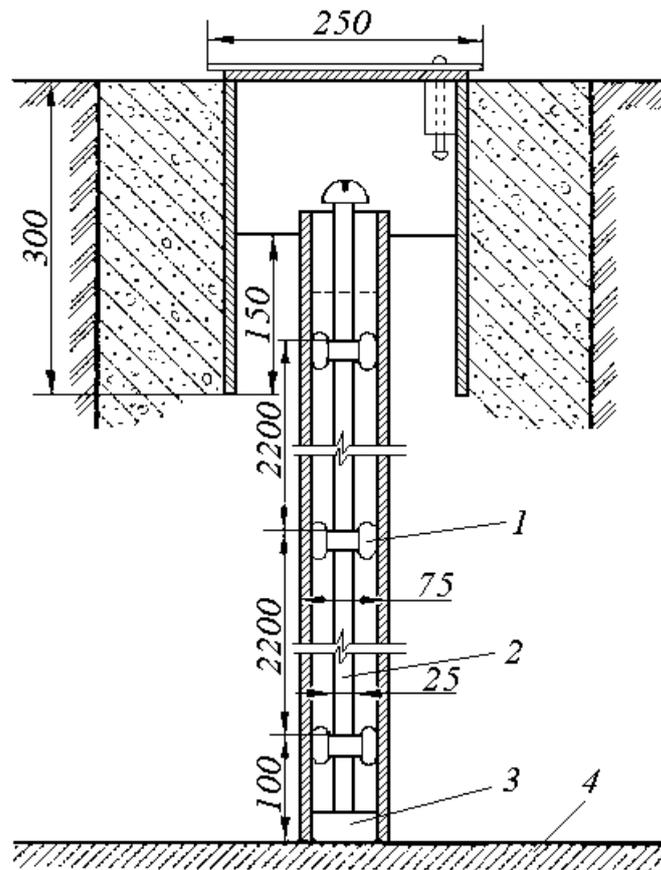


Рис. 29. Глубинная наблюдательная марка:
 1 – крепление колец медной проволокой (\varnothing 3 мм); 2 – труба
 водо-газопроводная; 3 – поддон металлический; 4 – тело сооружения

На секцию сооружения предусматривают две-три марки. При необходимости определения относительных смещений соседних секций марки закладывают непосредственно вблизи осадочного шва с обеих сторон.

Для геодезической привязки наблюдательных марок, установленных на сооружении, вблизи объекта наблюдений должно быть заложено не менее трех грунтовых реперов.

Если в процессе выполнения измерений выявляется, что марка уничтожена, то немедленно устанавливается новая марка по возможности в том же месте или в радиусе не более 3 м от уничтоженной и на нее передается отметка.

Расположение опорной и наблюдательной сетей зависит от плановой конфигурации сооружений и их конструкции. Рассмотрим несколько характерных примеров обследований морских портовых гидротехнических сооружений.

Сеть набережной длиной до 100 м состоит из одной прикордонной линии с расположенными в ее створе наблюдательными марками, закладываемыми непосредственно в тело сооружения. На концах створной линии, вне контура исследуемого сооружения, располагаются два опорных пункта с планово-высотными реперами (рис. 30,а). Знаки наблюдательной сети следует устанавливать от линии кордона и от прикордонного железнодорожного и кранового путей на расстоянии не менее 0,5–0,6 м. Реперы связываются линейными и угловыми измерениями с контрольными знаками, закладываемыми на расстоянии не более одного пролета измерительного прибора.

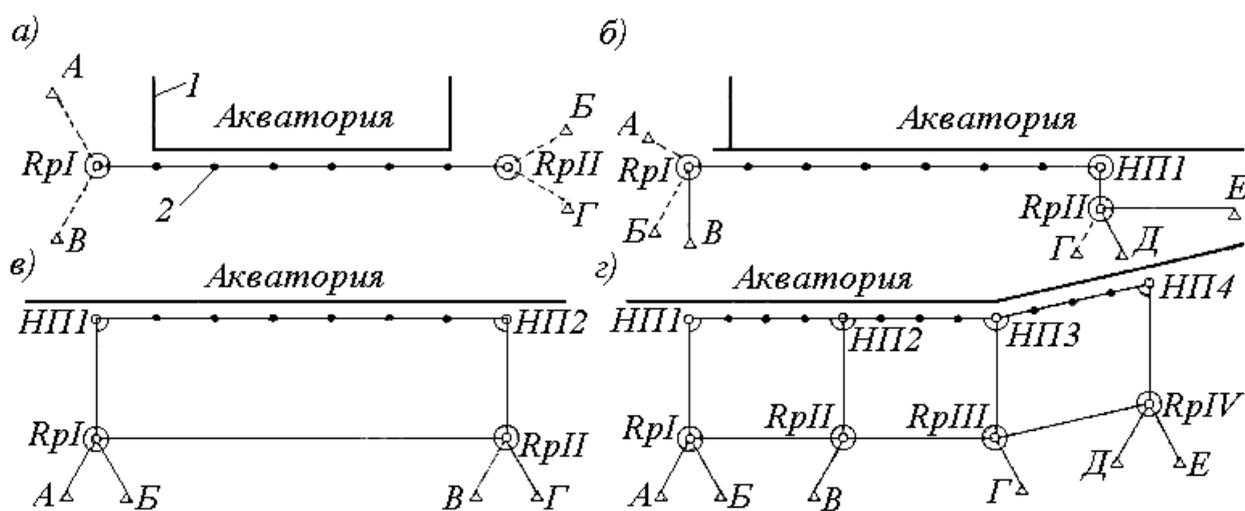


Рис. 30. Принципы разбивки наблюдательной сети:
 а – в торцевой части ковша; б – в корневой части пирса;
 в – на прямолинейном участке; г – на участке большого протяжения;
 1 – линия кордона; 2 – наблюдательные марки

Для набережной корневого участка пирса, на котором представляется возможной закладка вне контура сооружения только одного репера, другой конец створной линии опирается на крайнюю марку наблюдательного пункта, связанную контрольной линией с тыловым репером (рис. 30,б).

Для набережной длиной до 150 м сеть выполняется следующим образом: если на концах створной линии не представляется возможным установить реперы вне призмы обрушения грунта, то на некотором удалении от створной линии разбивается тыловая линия с реперами на ее концах. С помощью угловых и линейных измерений контролируется положение крайних наблюдательных марок прикордонного створа. Отсюда, в свою очередь, ведется наблюдение за промежуточными кордонными марками (рис. 30,в,г).

Для сооружения, имеющего в плане выступающие участки значительной протяженности, длина которых меньше, чем длина створа между наблюдательными пунктами, марки располагаются по длине сооружения на одинаковом расстоянии от кордона (рис. 31,а).

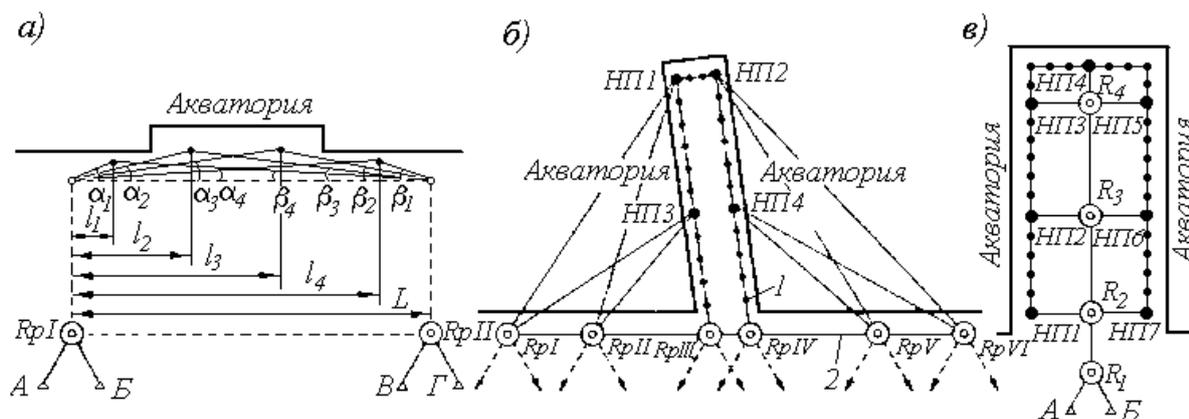


Рис. 31. Разбивка сети:

- а – на сооружении, имеющем выступающий участок;
- б – на узком молу; в – на широком молу;
- 1 – наблюдательные марки; 2 – базисная линия

Для сооружений типа узких пирсов концевые наблюдательные пункты линии створа привязываются к реперам базисов методом триангуляции. Реперы

разбиваются на твердом и устойчивом грунте прибрежной полосы у корня сооружения (рис. 31,б).

Если обследуемое сооружение представляет собой значительных размеров мол или пирс, то в центральной части сооружения вдоль его оси на расстоянии 100–150 м закладываются реперы. Одновременно вдоль кордонов сооружения располагают марки наблюдательной сети. В эту сеть включаются наблюдательные пункты, от которых и ведут наблюдения за остальными марками (рис. 31,в).

Для гравитационных сооружений с верхним строением, включающим кордонные камни, наблюдательные марки закладывают в бетон верхнего строения на расстоянии 5–10 см от кордонного камня; при верхнем строении, представляющем собой сплошной бетонный монолит – в этот монолит; для наблюдения за сооружениями из массивов-гигантов марки закладывают по углам каждого массива-гиганта на расстоянии 1–2 м от осадочных швов (рис. 32,а).

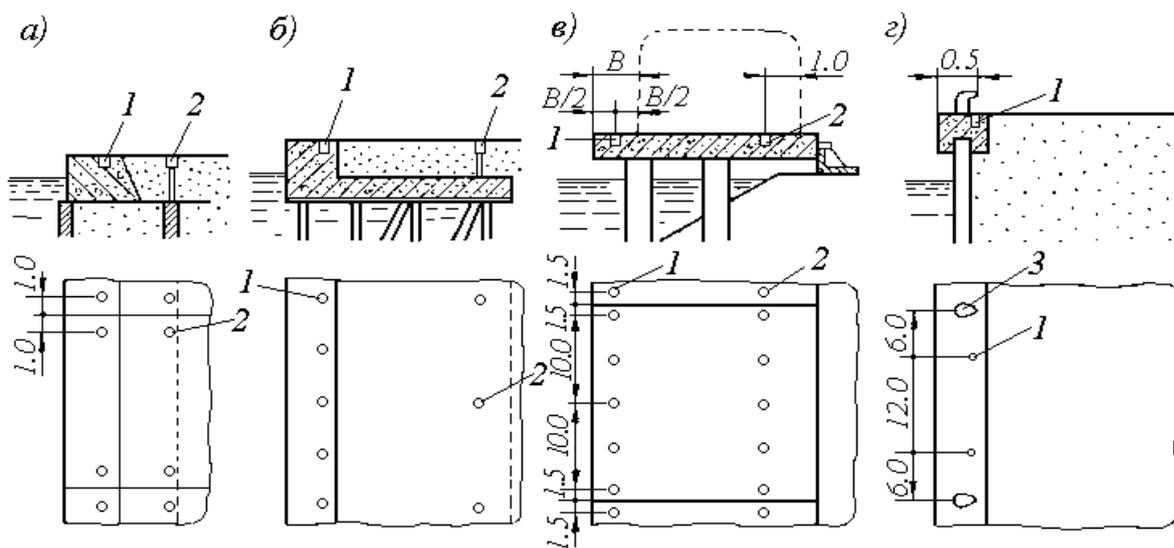


Рис. 32. Расположение наблюдательных марок на сооружениях:

а – из массивов гигантов; б – с гибким ростверком;

в – на сваях-оболочках; г – типа «больверк»;

1, 2 – наблюдательные марки кордонные и глубинные;

3 – крестообразная насечка для наблюдений

Для набережных с высоким жестким свайным ростверком наблюдательная сеть разбивается так же, как и на массивных конструкциях.

При гибких ростверках дополнительно к кордонным маркам устанавливается несколько реже второй ряд глубинных наблюдательных марок (рис. 32,б).

Для набережных-эстакад на сваях-оболочках наблюдательные марки следует закладывать по возможности над крайними рядами опор из свай-оболочек, при этом не ближе, чем на 1 м от подкранового рельса. В продольном направлении, если шаг опор составляет 10 м и более, наблюдательные марки устанавливают над каждой опорой. Если шаг опор меньше 10 м, наблюдательные марки устанавливают вдоль сооружения, чередуя их через опору (рис. 32,в).

Для сооружений типа «больверк» наблюдательные марки располагаются в шапчном бруске на расстоянии не менее чем 0,5 м от линии кордона (рис. 32,г).

Наблюдения за смещением сооружений в строительный период следует производить несколько раз в год, совмещая их с окончанием определенного этапа работ (покурсовая кладка массивов, окончание возведения верхнего строения и т.д.). По окончании строительства наблюдения за смещениями следует вести 1–2 раза в год (не менее чем в течение 5–10 лет) до полного затухания осадок.

3.3. Геодезические наблюдения за воднотранспортными сооружениями

За деформациями сооружения на внутренних водных путях наблюдают с помощью сети опорных реперов, положение которых надежно зафиксировано в плане и по высоте. Конструкция репера зависит от геологических условий.

При залегании плотных коренных пород на глубине до 3 м обычно применяют опорный репер (рис. 33,а), представляющий собой бетонный столб. В центре столба расположен рельс, закрепленный в нижней части анкером.

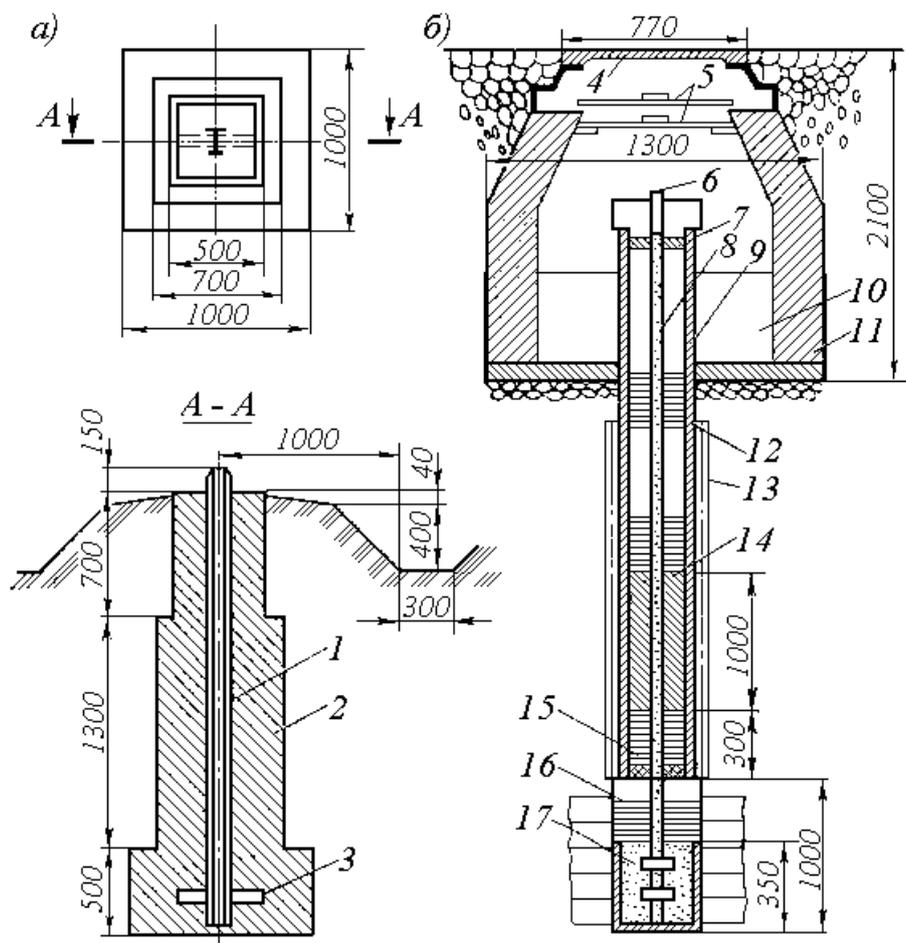


Рис. 33. Реперы:

1 – рельс; 2 – бетонный столб; 3 – металлический анкер; 4 – люк; 5 – крышки;
 6 – реперная головка; 7, 12 – резиновая и распорная диафрагмы; 8, 9, 13 – трубы
 реперная (Ø 89 мм), защитная (Ø 168 мм), обсадная (Ø 325 мм); 10 – тепловая изоляция;
 11 – типовой колодец; 14 – битум; 15 – сальник; 16 – паклевый тампон; 17 – башмак

В том случае, когда коренные породы залегают на значительной глубине, устанавливают глубинный репер (рис. 33,б). Стержень репера расположен в буровой скважине и изолирован от грунта защитными трубами с сальниковым устройством, препятствующим заилению труб.

Опорные реперы располагают на таком расстоянии от сооружения, чтобы деформации основания под ним не вызывали перемещений реперов, однако не

дальше 1 км от контрольных точек на сооружении. Реперы защищают от повреждений прочной оградой размерами в плане 3×3 м. В ведомостях, составленных на опорные реперы, помещают их описание, дату установки и схему местонахождения. Отметку опорных реперов проверяют по реперам государственной нивелирной сети не реже одного раза в 3 года. Результаты проверок заносят в ведомости реперов.

Наблюдения за осадками бетонных сооружений проводят с начала строительства сооружения в течение всего времени эксплуатации: при строительстве – не менее двух раз в месяц, по окончании строительства до принятия полного проектного напора – один раз в месяц, далее – не менее двух раз в год (весной и осенью), а если в процессе эксплуатации установлено затухание осадок – один раз в год. Сравнение действительных осадок с расчетными позволяет дать оценку состояния сооружения и наметить мероприятия по устранению причин опасного развития осадок.

Осадки бетонного сооружения определяют нивелированием установленных на нем высотных *контрольных марок*. Чтобы иметь полную картину изменения осадок во времени, применяют марки трех типов: трубу-марку, боковую и поверхностную.

Трубу-марку (подобна по устройству глубинному реперу) устанавливают на бетонную подготовку основания сооружения для наблюдения за осадкой с начала кладки бетона до установки боковой марки.

Боковая марка (рис. 34,а), закрепляемая на боковых гранях сооружения, служит для определения осадок во время его строительства.

Поверхностная марка (рис. 34,б) которую ставят на горизонтальных плоскостях сооружения в незатвердевший бетон при завершении бетонных работ, служит для постоянных наблюдений за сооружением при эксплуатации.

Контрольные марки располагают на шлюзе таким образом, чтобы можно было выявить полную картину вертикального перемещения отдельных его

секций, т.е., как правило, по углам секций. На рис. 35 показано расположение марок на секциях однокамерного шлюза с разрезным дном.

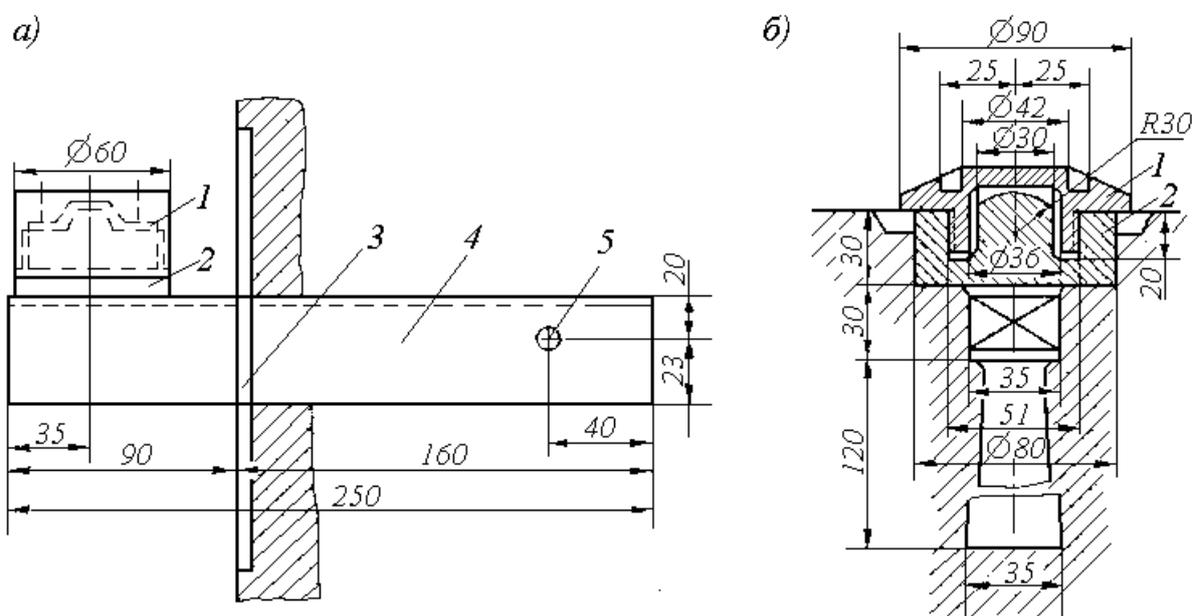


Рис. 34. Контрольные марки для бетонного сооружения:
 1 – крышка; 2 – корпус; 3 – фланец; 4 – швеллер; 5 – анкерный штырь

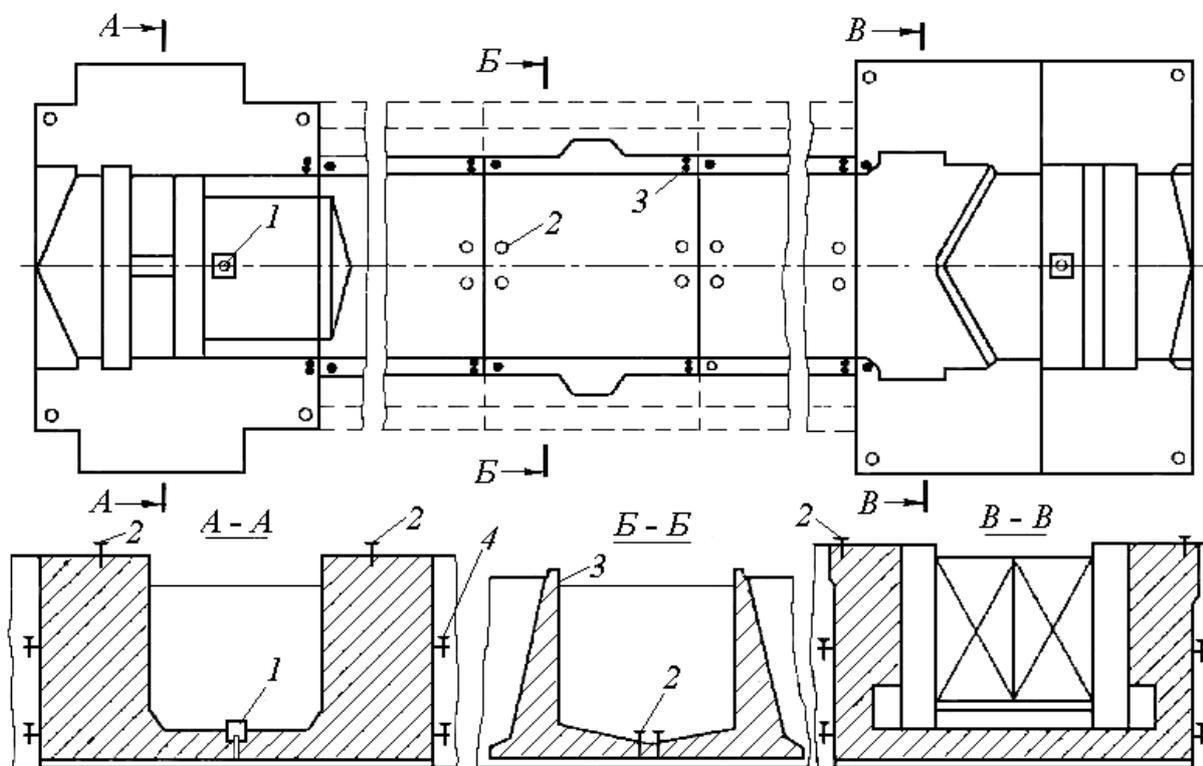


Рис. 35. Схема размещения марок на шлюзе:
 1 – труба-марка; 2, 4 – поверхностная и боковая марки; 3 – группа марок щелемера

На причале и направляющих палах устанавливают по одной-две марки на каждую секцию. На бетонной плотине поверхностные марки размещают по обе стороны температурно-осадочных швов, устоев и других частей.

Марки устанавливают в соответствии с проектом во время строительства сооружения. Крышки марок окрашивают в красный цвет. На каждую марку наносят номер и год установки.

В процессе эксплуатации установленные на сооружении контрольные марки нивелируют в одни и те же календарные сроки, как правило, при опорожненной камере. Это дает возможность сопоставлять результаты нивелирования. Кроме периодических наблюдений за осадками обычно контрольные марки дополнительно нивелируют при осушенной камере шлюза.

Для оценки состояния сооружения по результатам нивелирования строят графики изменения осадок по времени (рис. 36). Для связи процесса осадок с условиями работы сооружения на график наносят значения давлений, отмечают время окончания бетонирования, затопления камеры, осушения, уровни бьефов.

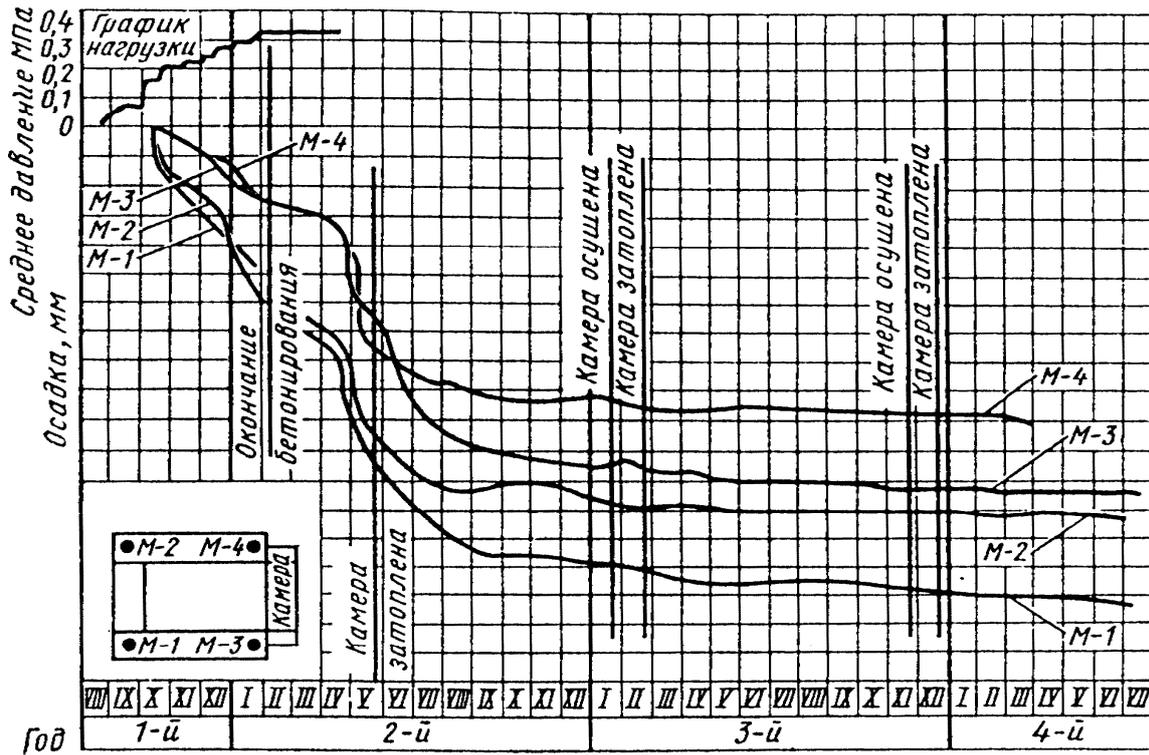


Рис. 36. График осадок головы шлюза: M-1, M-2, M-3, M-4 – номера марок

Часто для наглядного представления о неравномерности осадок и перекосах секций график осадок привязывают к определенному продольному или поперечному разрезу сооружения (рис. 37). На график наносят результаты нивелирования, приуроченные к определенному состоянию сооружения (окончанию бетонирования, наполнению бьефов, последнему нивелированию в процессе эксплуатации).

В процессе строительства и эксплуатации земляных сооружений уплотняется их тело и основание, поэтому полная осадка сооружения складывается из осадок его частей.

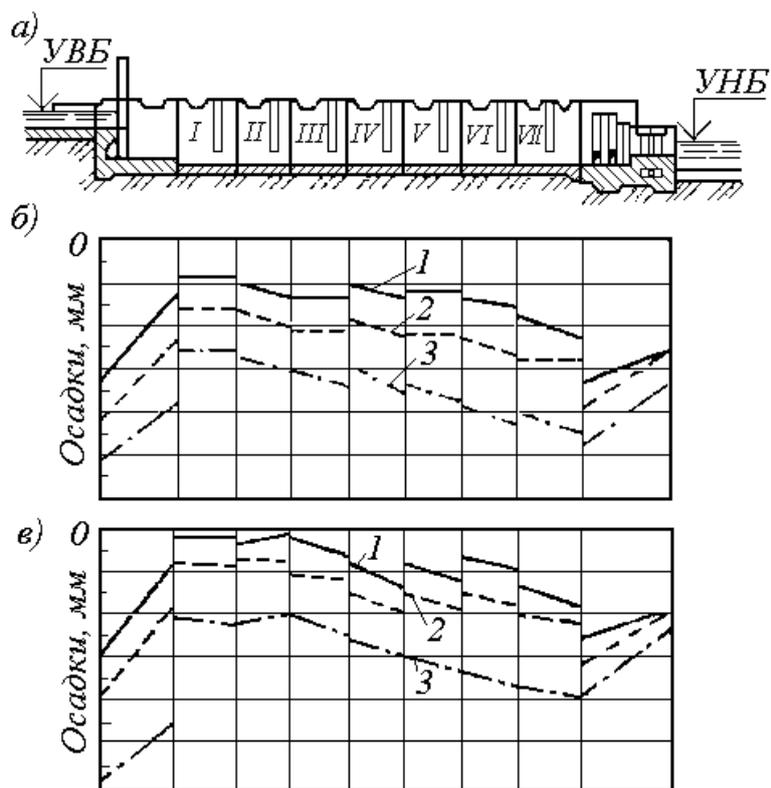


Рис. 37. График осадок голов и секций камер шлюза с дном, разрезанным посередине (римскими цифрами обозначены номера секций камеры):

a – продольный разрез шлюза; *б, в* – осадки секций левой и правой сторон; *1* – окончание бетонирования; *2* – наполнение бьефов; *3* – последнее нивелирование

Для наблюдений за осадками основания сооружения применяют глубинные марки (рис. 38,*a*). Это железобетонная плита размером 150×150 см, к которой прикреплена штанга (труба) марки. На верхнем конце штанги установлена марка. Для предохранения от повреждения при возведении сооружения на штангу надевают защитную телескопическую трубу, а на саму марку – специальный кожух с крышкой.

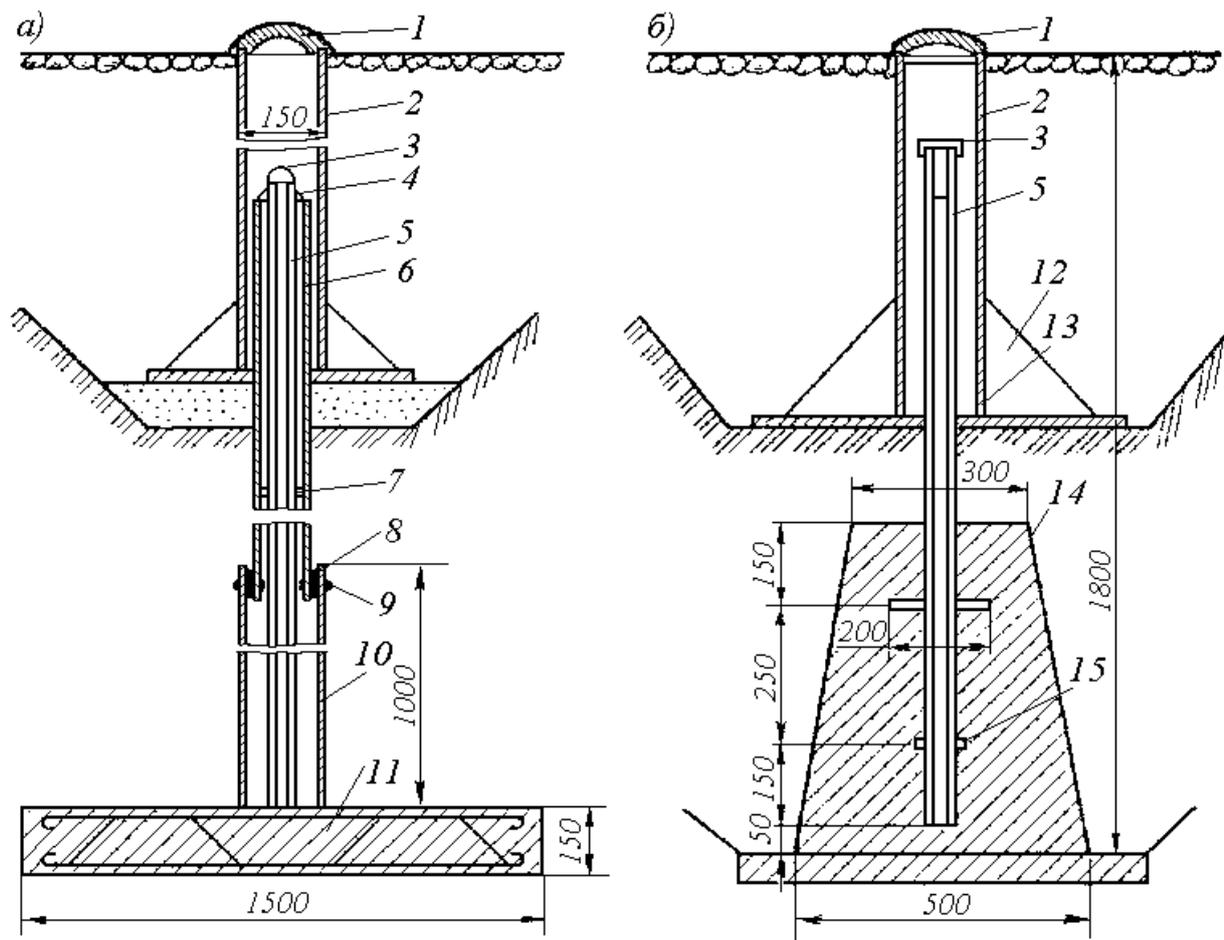


Рис. 38. Глубинная и поверхностная марки:

1 – крышка; 2 – ограждающая труба; 3 – марка; 4 – центрирующая крышка; 5 – штанга (труба) марки; 6 – защитная труба; 7 – направляющий диск штанги; 8 – кольцевая прокладка; 9 – заклепка; 10 – телескопическое звено защитной трубы; 11 – железобетонная плита;
 12 – косынка; 13 – фланец; 14 – бетонная призма; 15 – анкеры трубы

При возведении насыпных и намывных земляных сооружений глубинные марки, устанавливаемые на сухих участках или в осушенных котлованах, позволяют измерить осадку основания за весь срок строительства.

Для наблюдений за общей осадкой земляного сооружения применяют постоянные поверхностные марки (рис. 38,б), по конструкции более простые по сравнению с глубинной. Поверхностные марки устанавливают сразу после возведения сооружения, чтобы зафиксировать наиболее значительные его осадки в начальный период эксплуатации.

Поверхностные марки дают возможность измерять суммарную осадку основания и тела сооружения. Для определения осадки тела сооружения обычно рядом с глубинной маркой-плитой размещают поверхностную марку и одновременно нивелируют их. Разница между результатами нивелирования поверхностных и глубинных марок дает осадку тела сооружения.

Контрольные марки на земляном сооружении располагают в соответствии с проектом. Например, на земляной плотине (рис. 39) на низовом откосе делают геодезическую разбивку поперечных створов, в которых на расстоянии 10–20 м одна от другой устанавливают постоянные контрольные марки для наблюдений за возможным выпучиванием грунта в этом районе. Створы определяют в местах наибольшей высоты сооружения или в зонах наиболее деформируемых грунтов основания, где возможны максимальные его осадки. По створу марки размещают в точках перелома очертания профиля и на границах различных частей сооружения или разных грунтов.

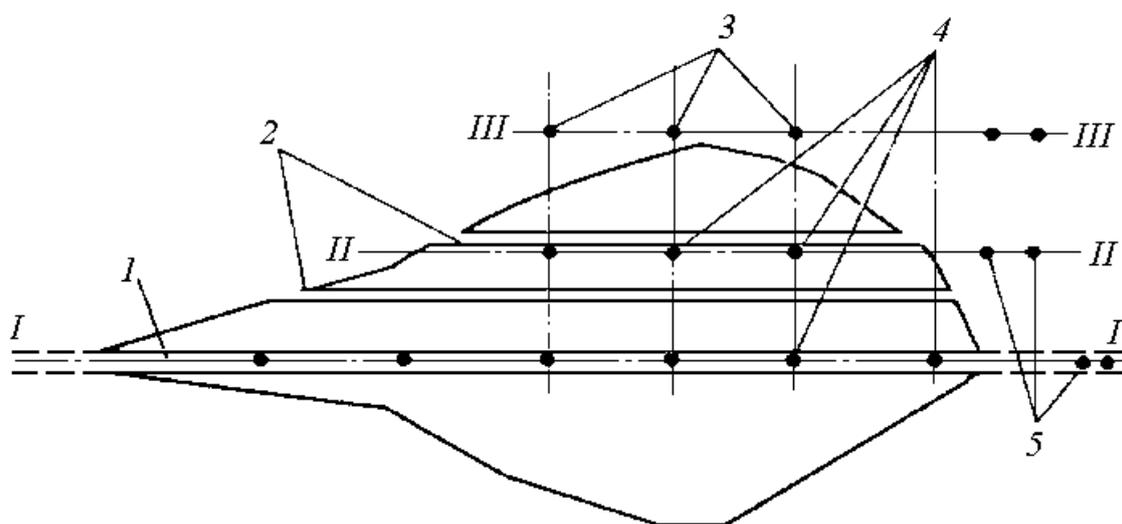


Рис. 39. Схема размещения контрольных марок на земляной плотине:
 I – гребень плотины; 2 – горизонтальные бермы на низовом откосе; 3 – марки для фиксирования выпирания грунта; 4 – контрольные марки для определения осадок; 5 – створные знаки; I-I, II-II, III-III – визирные (продольные) створы

В целях использования контрольных марок для наблюдений за оползнями и смещением сооружения в плане контрольные марки одновременно

размещают и по продольным створам. Все створы закрепляют на местности специальными знаками (см. рис. 39). Смещение земляных масс сооружения определяют по отклонению положения марки от створных линий.

По материалам нивелирования вычерчивают графики осадок сооружения по продольным и поперечным створам, указывают дату проведения наблюдений и помещают чертеж разреза сооружения с геологической характеристикой (рис. 40,а,б).

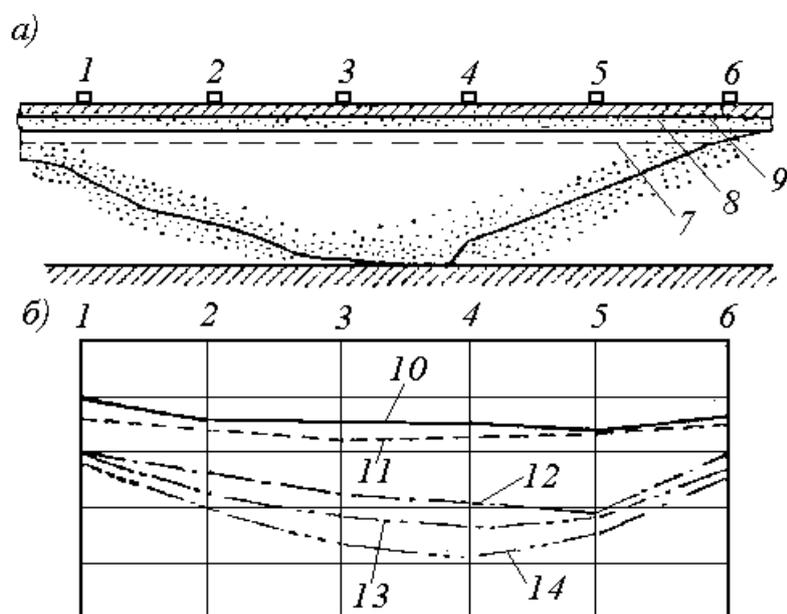


Рис. 40. Гребень земляной плотины и его график осадок:
 1–6 – высотные марки; 7 – подпорный уровень;
 8 – положение глинистого экрана по проекту; 9 – гребень плотины;
 10–14 – кривые осадок на различные даты нивелирования

Практикой эксплуатации установлено, что при наполнении шлюза водой верх стен камеры отклоняется в сторону грунтовой засыпки, а при опорожнении возвращается в первоначальное положение. В связи с охлаждением лицевой поверхности стен камеры их верх отклоняется при понижении температуры воздуха зимой в сторону камеры, а при повышении температуры воздуха летом – в сторону засыпки. Характер и размер этих перемещений зависит в основном от действующих нагрузок, конструкции

сооружения, геологического строения основания, изменения гидростатического давления на сооружение и температурного режима.

Наблюдения за горизонтальными перемещениями сооружения проводят методом линейных измерений или визирования по створу. Для этого в средней части каждой секции с обеих сторон на парапеты (рымных ниш) точно в створную линию закладывают гнездовые центры (рис. 41), которые гарантируют точную центровку шкал мерных проволок при линейных измерениях, теодолита и визирных марок (при визировании по створу). Вертикальность оси достигается при установке гнездового центра: для получения вертикальности оси пользуются ватерпасом специальной конструкции (рис. 42).

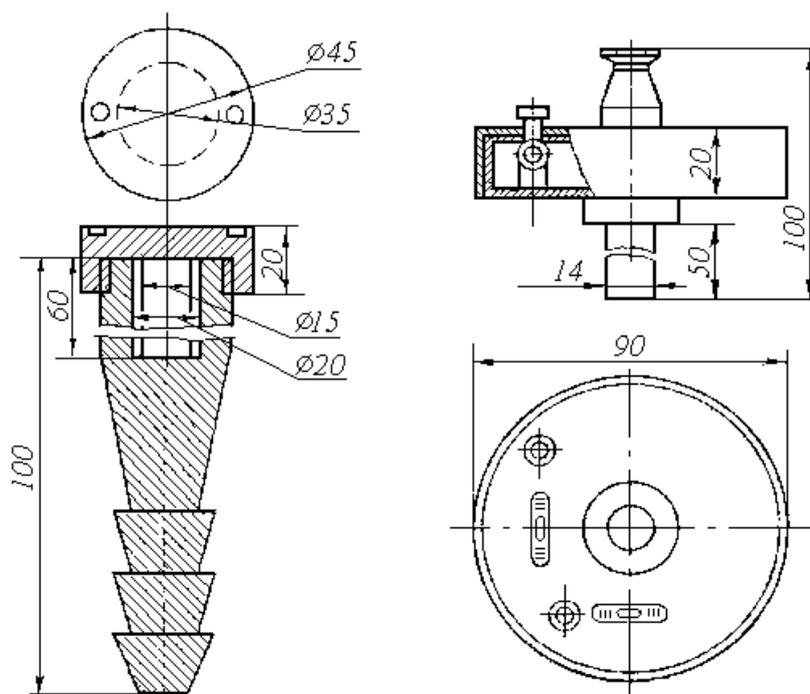


Рис. 41. Гнездовой центр

Рис. 42. Ватерпас для установки гнездового центра

Линейные измерения (рис. 43) производят мерной инварной проволокой со шкалами (с миллиметровыми делениями) на концах. Шкалы подвешивают над штырями с помощью перекинутых через блоки струн с подвешенными на крюки гири массой 10 кг. Каждый пролет измеряют дважды, сдвигая шкалы

проволоки. Разница между результатами не должна превышать 0,3 мм, в противном случае делают дополнительные измерения. Результаты линейных измерений записывают в полевой журнал.

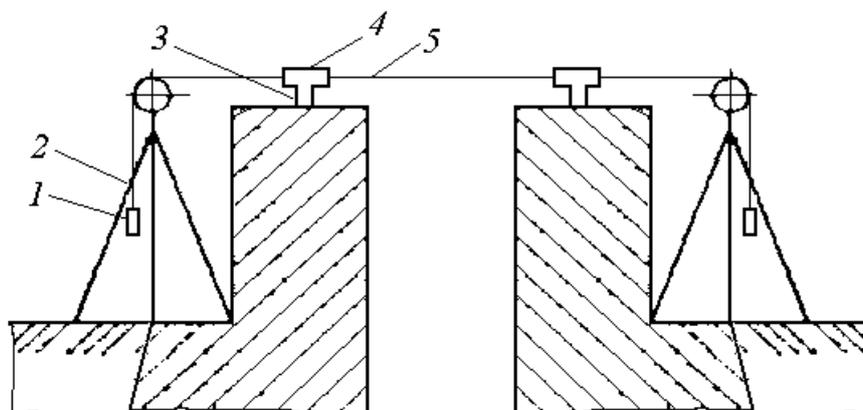


Рис. 43. Схема линейных измерений:
 1 – гиря; 2 – блок-штатив; 3 – контрольный знак;
 4 – шкала мерной проволоки; 5 – мерная проволока

Метод визирования по створу применяют при больших смещениях, пользуясь теми же гнездовыми центрами, что и для линейных измерений, но с дополнительными створными знаками *B* и *H* на головах (рис. 44). Гнездовые центры должны находиться на одной прямой (допустимые отклонения ± 3 см). Кроме того, на головах в створах закладывают опорные пластины для установки на них высокоточного оптического теодолита, откуда ведут наблюдения.

Для визирования применяют марки неподвижные типа НВМ-1 (рис. 45,*а*) и подвижные типа ПВМ-1 (рис. 45,*б*). Неподвижные марки служат для установлений в натуре линии створа, подвижные – для непосредственного определения отклонения контрольных знаков от линии створа.

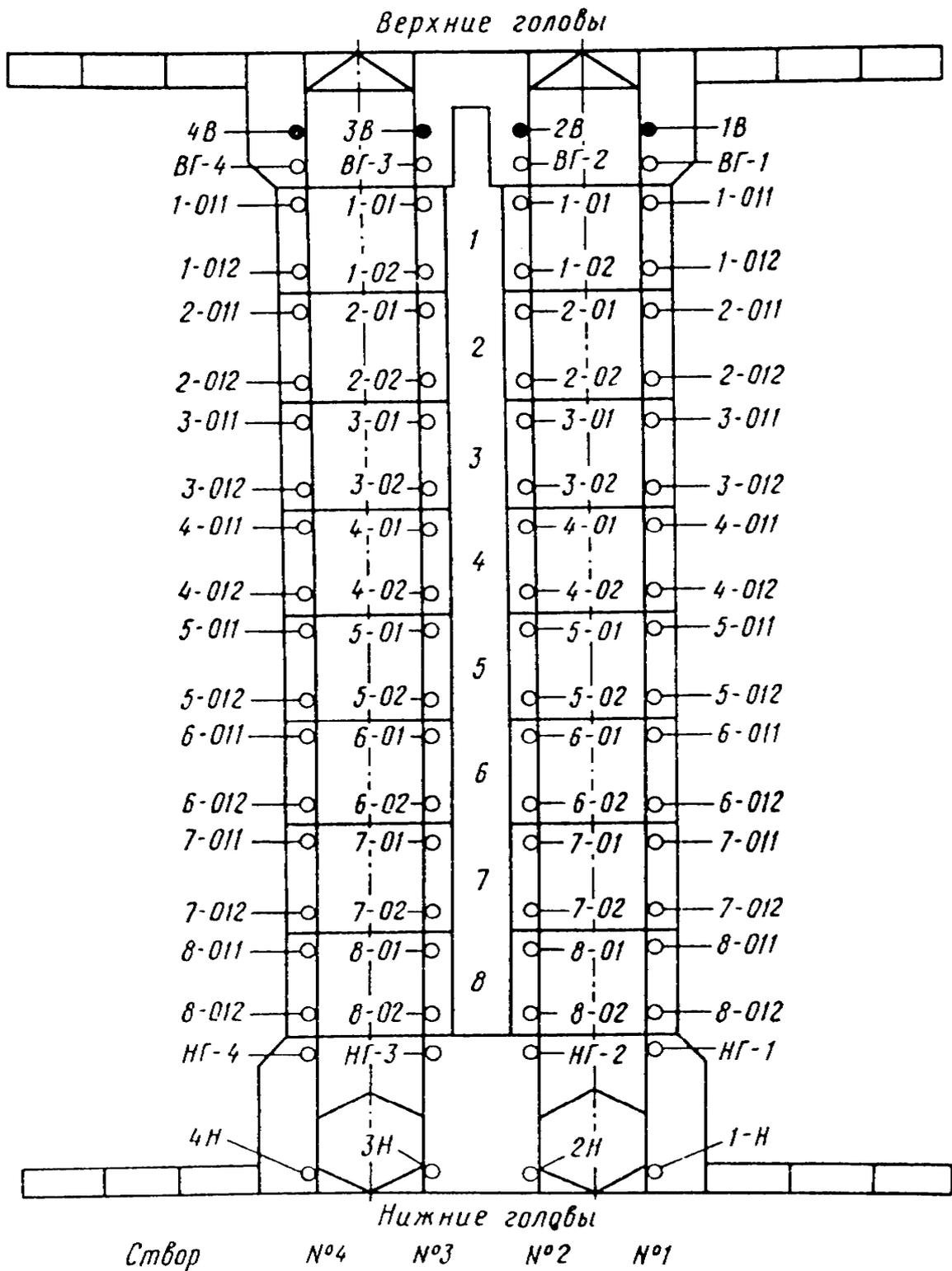


Рис. 44. Схема расположения пунктов для створных наблюдений

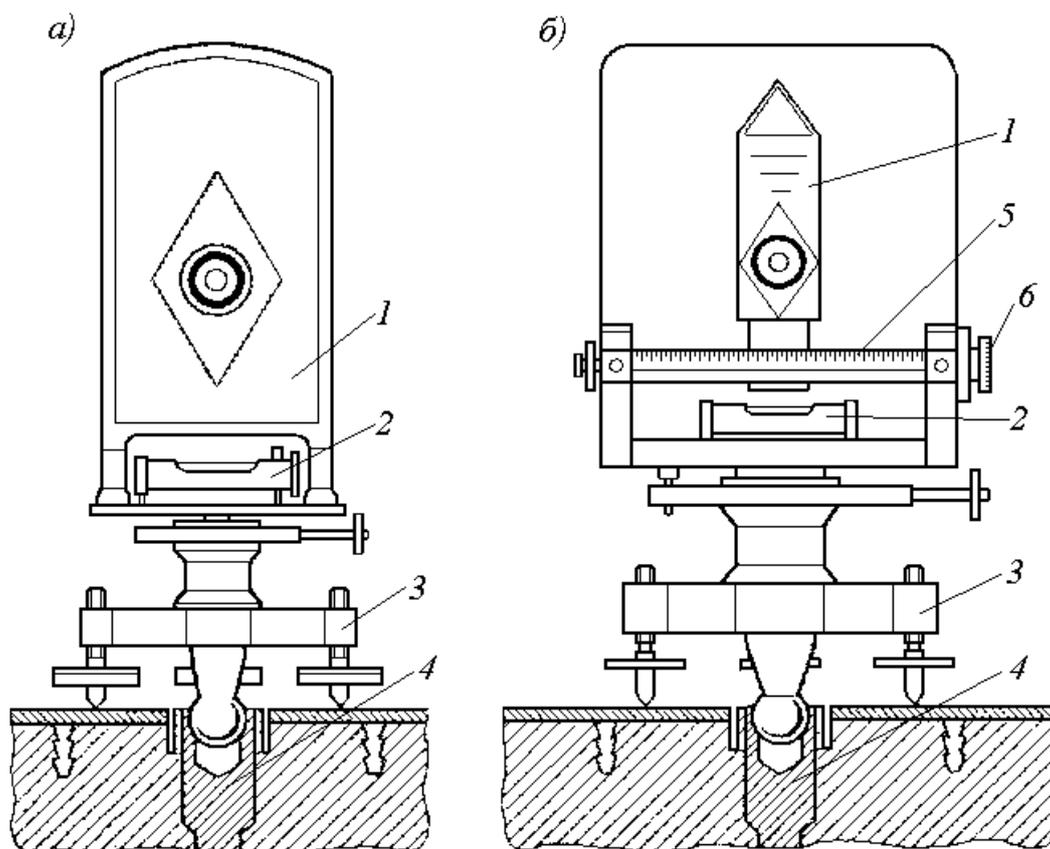


Рис. 45. Визирные марки:

1 – мишень марки; 2 – уровень; 3 – станина марки;
4 – гнездовой центр; 5 – каретка; 6 – микрометрический винт

Измерения проводят в такой последовательности: в гнездовой центр одного из наблюдаемых знаков (верхней или нижней головы – ВГ или НГ) створа устанавливают теодолит, в центр второго наблюдательного знака – неподвижную визирную марку, затем алидаду закрепляют. Подвижную визирную марку поочередно устанавливают на каждом контрольном знаке по створу. Целик марки после установки ее на знаке по команде наблюдателя, работающего с теодолитом, совмещают с вертикальной нитью сетки трубы теодолита (устанавливают по створу) и по шкале делают отсчет. На каждом контрольном знаке делают не менее трех измерений выведением и введением целика марки в биссектор сетки нитей теодолита. Колебания в отсчетах не должны быть более 0,3 мм.

Результаты створных наблюдений записывают в полевой журнал. Перемещения знаков от линии створа в сторону засыпки условно принято считать положительным, в сторону камеры – отрицательным.

В процессе эксплуатации сооружения необходимо следить также за относительным перемещением соседних его секций. Такие деформации сооружения имеют пространственный характер, что требует измерения перемещений по всем трем осям. Для этого применяют пространственные щелемеры, которые на шлюзе устанавливают на бетонных площадках у каждого температурно-осадочного шва с обеих сторон камеры (см. рис. 35).

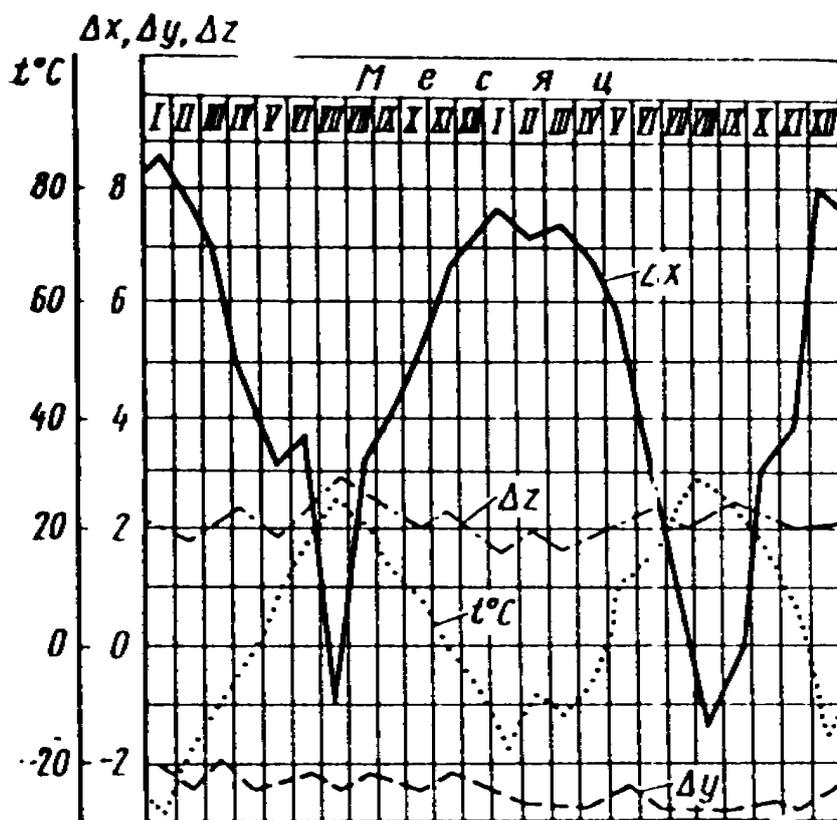


Рис. 46. График относительных перемещений секций камеры шлюза

По данным наблюдений, для каждого шва строят совмещенный график относительных перемещений во времени с начала наблюдения (рис. 46). На график наносят кривую температуры воздуха. Положительные значения смещений и температуры откладывают от нулевой линии вверх, а

отрицательные – вниз. График дает возможность видеть ход деформаций. Наибольшее раскрытие швов происходит зимой, наименьшее – летом. Положительное значение Δx означает раскрытие шва, отрицательное – закрытие; изменение Δz характеризует неравномерность осадок смежных секций, а изменение Δy – перемещение вдоль шва.

В первый год эксплуатации наблюдения по щелемерам выполняют еженедельно; затем, если смещения не увеличиваются, – один раз в две недели, а через три года эксплуатации – не реже раза в месяц. Более редкие наблюдения не рекомендуются, так как были случаи, когда после нескольких лет нормального поведения сооружения появлялись значительные перемещения стен камеры в результате неравномерной осадки из-за выноса грунта основания.

3.4. Оборудование для проведения геодезических наблюдений

При исследовании общих деформаций морских гидротехнических сооружений применяются следующие геодезические инструменты, приборы и приспособления:

- для измерения горизонтальных углов – теодолиты и визирные цели;
- для различных линейных измерений – базисные приборы (светодальномеры и ординатометры);
- для определения разности высот точек и определения отметок – нивелиры с комплексом соответствующих приспособлений;
- для определения угла наклона верхней и лицевой граней сооружения – клинометры, уклонометры и другие приборы.

Для определения горизонтальных углов при наблюдениях за горизонтальными смещениями сооружений должны использоваться высокоточные оптические теодолиты.

Для точных измерений междуреберных расстояний между реперами и наблюдательными пунктами применяются базисные комплекты типа БП-2, включающие мерные инварные проволоки и ленты, блочные стенки с блоками и штативами, лот-аппараты, базисные целики с разборными штативами для кольев, деревянную рейку для нивелирования целиков.

Для измерений линий между наблюдательными марками и других вспомогательных измерений, когда не нужна большая точность, могут использоваться стальные рулетки различной длины с динамометрами.

Для точного измерения горизонтальных смещений точек сооружения створным методом следует применять ординатометр, достаточно точно определяющий небольшие отклонения наблюдательных марок на сооружении от линии створа. Для центрирования ординатометра над наблюдательными пунктами используется оптический центрир. Если наблюдательные марки заложены на расстоянии менее 50 см от кордона, когда невозможно устанавливать инструмент со штативом непосредственно над центрами этих марок, для створных наблюдений применяются насадки с выносным центром (рис. 47).

Для определения превышений при наблюдении за осадками портовых гидротехнических сооружений путем геометрического нивелирования должны использоваться высокоточные глухие нивелиры.

Угол наклона верхней грани сооружения в плоскости его поперечного сечения измеряют кренометрами различных типов и штангенщелемерами.

Работы по измерению базисов триангуляции и линий полигонометрии мерными приборами (инварными проволоками) включают следующие операции:

- установка теодолита и неподвижной визирной цели над знаками по концам измеряемой линии с помощью оптического центрира (лот-аппарата);

- разметка мест для установки штативов с целиками, лентой или рулеткой с учетом длины проволоки (24 м);
- расстановка штативов в створе измеряемой линии по теодолиту;
- измерение длин целых пролетов инварными проволоками и длин неполных пролетов (остатков) инварными лентами;
- нивелирование целиков пролета измеряемой линии в одном направлении при двух горизонтах инструмента с целью введения поправок на наклон линии;
- измерение температуры окружающего воздуха термометром с погрешностью до $0,5^{\circ}\text{C}$ для учета поправки на температуру.

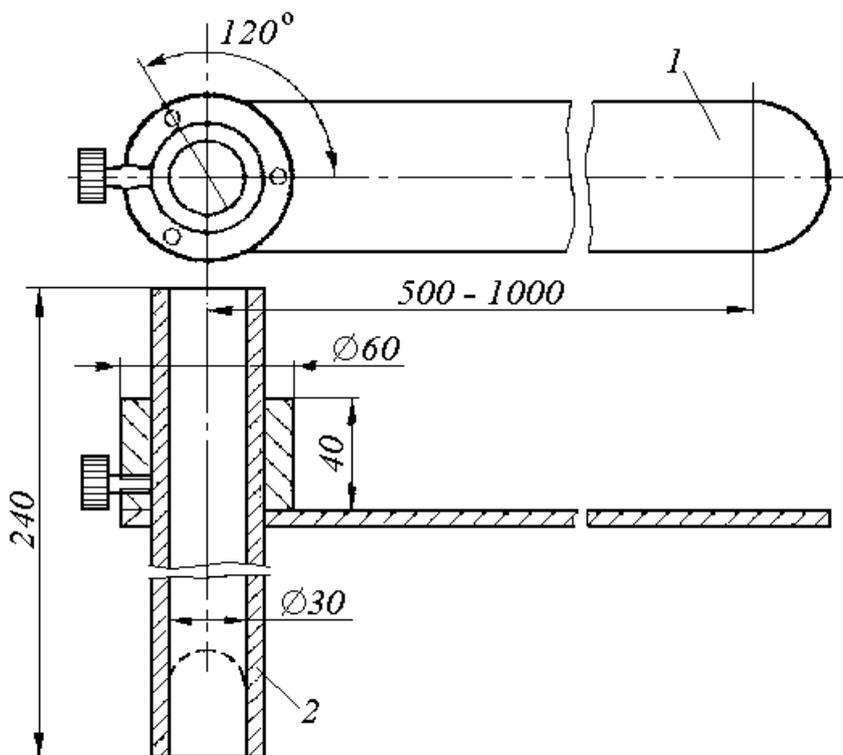


Рис. 47. Насадка для кордонных наблюдательных марок:

1 – крестообразная насечка выносного центра; 2 – штырь марки

Для определения высотного положения (отметок) сооружений должно выполняться нивелирование всех знаков опорной и наблюдательной сетей по способу совмещения. Одновременно для характеристики профиля сооружения

и прилегающей территории нивелируются методом IV класса точности точки верхнего строения сооружения, расположенные на кордонной линии возле наблюдательных марок, а также головки рельсов подкрановых путей. Все дополнительные точки нивелирования должны находиться в плане на поперечниках, проходящих через кордонные наблюдательные марки, нормально к створным линиям.

После окончания полевых измерений составляется схема нивелирных ходов и вычисляются превышения между наблюдательными марками и реперами; на схеме нивелирных ходов выписываются вычисленные превышения, а также полученные и допустимые невязки. Затем составляется ведомость увязки превышений и вычисляются отметки знаков опорной и наблюдательных сетей.

Для наблюдения за относительным перемещением соседних секций сооружения применяют щелемеры различных типов.

Марочный щелемер (рис. 48,*а*) состоит из трех закладных марок, расположенных по вершинам равностороннего треугольника *АВВ*. Обычно стороны треугольника принимают равными 200, 300 или 400 мм. Одну из сторон треугольника между марками, расположенными на одной секции (базис), ориентируют параллельно шву. По конструкции марки щелемера аналогичны высотным, отличаясь лишь тем, что в центре марки щелемера имеется цилиндрическое отверстие, в которое вставляют при измерении иглу штангенщелемера. Точность измерения щелемером 0,1 мм.

Штангенщелемером измеряют расстояния *а*, *б*, *в* (см. рис. 48,*а*) между марками и превышения *h*. Штангенщелемер (рис. 48,*б*) состоит из измерительной стальной линейки с двумя иглами, одну из которых можно перемещать вместе с движком нониуса вдоль линейки, а вторую – по вертикали.

Точные отсчеты штангенщелемером могут быть получены только при расположении его линейки в горизонтальном положении при вертикальной установке игл. Для этого на линейке укреплены два уровня: цилиндрический – для установки ее в горизонтальное положение и круглый – по которому устраняют боковой наклон.

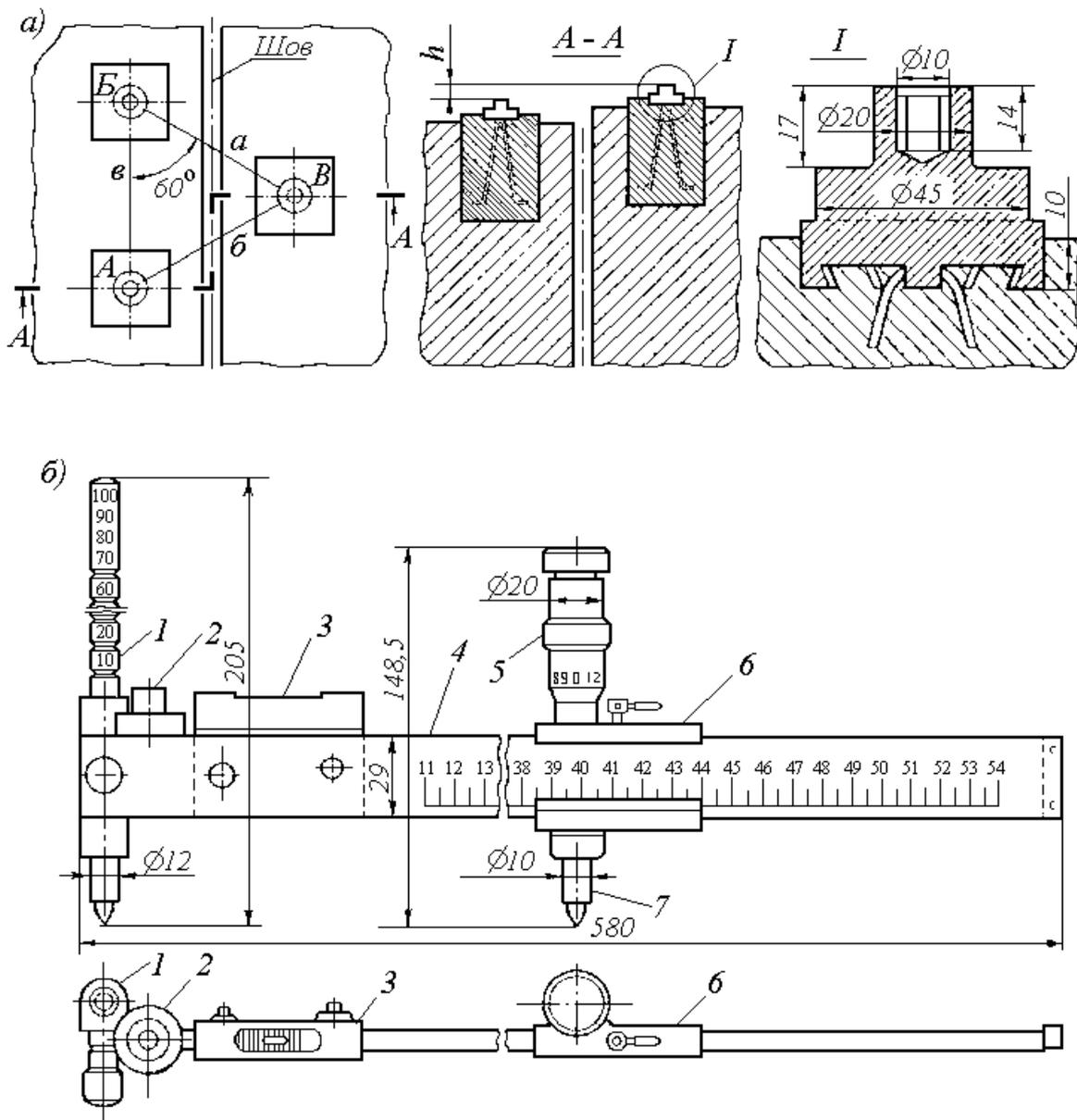


Рис. 48. Марочный щелемер и штангенщелемер:

A, B, B – марки; *1* – опорная игла; *2, 3* – уровни круглый и цилиндрический; *4* – линейка; *5* – барабан иглы; *6* – движок; *7* – микрометрическая игла

По измеренным расстояниям между марками и превышениям можно рассчитать координаты базисной точки и относительные перемещения секций.

Угловой щелемер (рис. 49) состоит из двух металлических уголков одинаковых размеров, устанавливаемых в смежных секциях по обеим сторонам шва. К вертикальной полке одного из уголков прикреплен перпендикулярно к ней металлический стержень (штырь). В вертикальной полке второго уголка имеется прямоугольное или квадратное отверстие (рамка), в которое заходит стержень; последний располагается примерно в центре рамки.

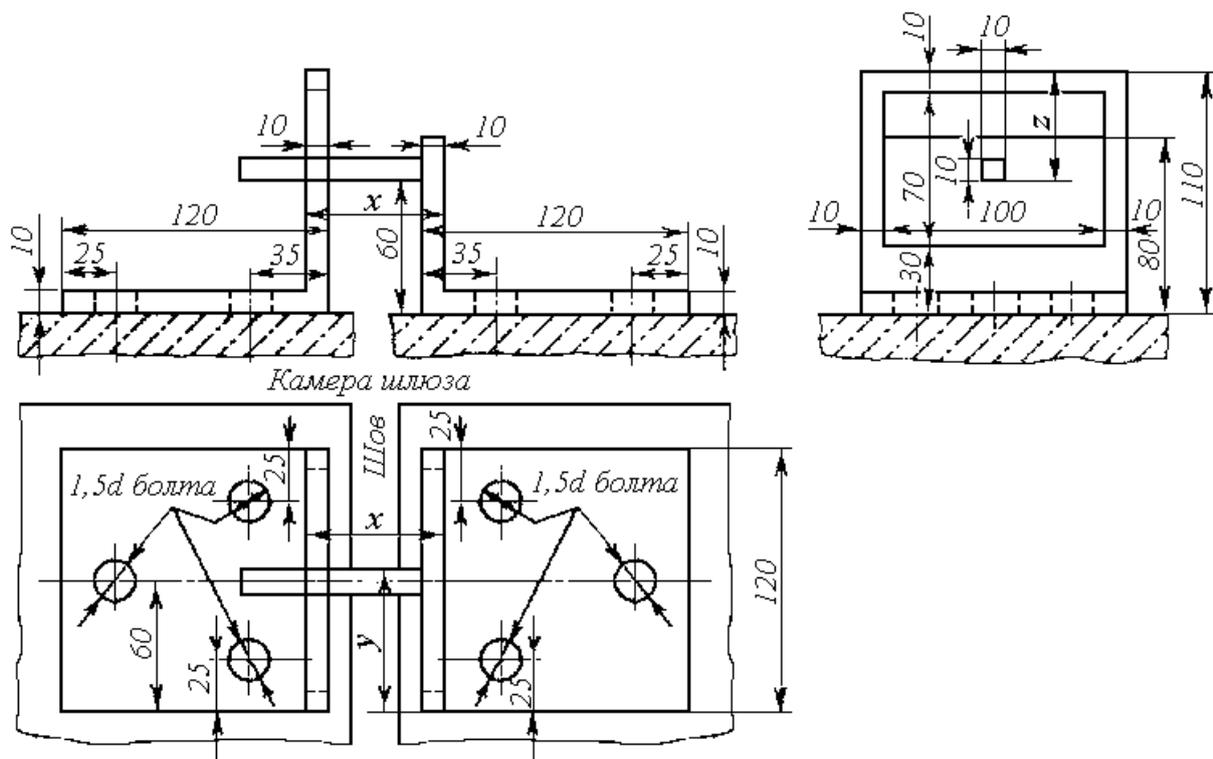


Рис. 49. Угловой щелемер

Наблюдения по угловому щелемеру сводятся к измерениям штангенциркулем координат уголка со штырем относительно уголка с рамкой по трем взаимно перпендикулярным направлениям (x , y , z). Относительное перемещение секций Δx , Δy , Δz определяется как разность координат, полученных при текущем и первоначальном замерах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бородулин Я.Ф., Сущенко Б.Н.** Дноуглубительный флот и дноуглубительные работы. М.: Транспорт, 1973. 432 с.
2. **Бычков Л.С., Бочаров В.В.** Гидротехнические сооружения на внутренних водных путях. М.: Транспорт, 1987. 288 с.
3. **Годес Э.Г., Нарбут Р.М.** Справочник по строительству в водной среде в суровых климатических условиях. Л.: Стройиздат, 1984. 384 с.
4. **Ефимов С.Г.** Технология и организация строительства водных путей и портов. М.: Высш. шк., 1974. 560 с.
5. Инженерная геодезия. М.: Недра, 1984. 344 с.
6. **Кучерявенко П.Ф., Иванов Ю.П.** Сухие доки. Л.: Судостроение, 1976.
7. Морские каналы и их обстановка / В.С. Стрельченко, Е.Ф. Шапошников, П.Б. Шаповалов, Г.В. Михайлов. М.: Транспорт, 1973. 288 с.
8. **Никеров П.С., Яковлев П.И.** Морские порты. М.: Транспорт, 1987. 416 с.
9. Организация и производство портовых гидротехнических работ / П.И. Ильин, В.В. Петрашук, Г.Ю. Цейтлин, П.И. Гришин. М.: Транспорт, 1972. 416 с.
10. **Пойзнер М.Б., Яковенко В.Г.** Авторский надзор за портовыми гидротехническими сооружениями. М.: Транспорт, 1990. 160 с.
11. Порты и портовые сооружения / Г.Н. Смирнов, Б.Ф. Горюнов, Е.В. Курлович и др.; под ред. Г.Н. Смирнова. М.: Стройиздат, 1979.
12. Справочник по строительству портовых гидротехнических сооружений / Под общ. ред. Г.Н. Николаева. М.: Транспорт, 1972. 474 с.
13. **Яковенко В.Г.** Строительство причалов. М.: Транспорт, 1981. 256 с.
14. **Яковенко В.Г., Яковлев П.И.** Гидротехнические работы на водном транспорте. М.: Транспорт, 1988. 375 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Состав и особенности конструкций морских и воднотранспортных сооружений с точки зрения выполнения геодезических работ	4
2. Геодезические работы при строительстве сооружений	13
2.1. Оградительные сооружения портов	13
2.2. Причальные сооружения	14
2.3. Берегоукрепительные сооружения	20
2.4. Судоподъемные сооружения и доки	21
2.5. Дноуглубительные работы	25
2.6. Сооружения континентального шельфа	33
3. Геодезические наблюдения при эксплуатации сооружений	36
3.1. Общие принципы и методы проведения геодезических наблюдений	36
3.2. Геодезические наблюдения за морскими сооружениями	43
3.3. Геодезические наблюдения за воднотранспортными сооружениями	49
3.4. Оборудование для проведения геодезических наблюдений	64
Список литературы	70

ЕРМАКОВ Владимир Степанович
ЗАГРЯДСКАЯ Наталия Николаевна
МИХАЛЕНКО Евгений Борисович
БЕЛЯЕВ Николай Дмитриевич

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации

МОРСКИХ И ВОДНОТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Учебное пособие

Редактор *О.В. Махрова*

Технический редактор *А.И. Колодяжная*

Директор Издательства СПбГТТУ *А.В. Иванов*

Сводн. темплан 2001 г.

Лицензия ЛР № 020593 от 07.08.97.

Подписано в печать .00. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж . Заказ .

С 72.

Санкт-Петербургский государственный технический университет

Издательство СПбГТУ, член Издательско-полиграфической ассоциации вузов Санкт-Петербурга

Адрес университета и издательства: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29.