

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

Д. В. Демидов

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВЫХ
И ТОННЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Учебно-методическое пособие

Екатеринбург
2022

УДК 528.486:624.21/.8:624(075.8)

ББК 38.115я73

Д 30

Рецензенты:

кафедра технической механики Уральского государственного горного университета, доктор техн. наук, профессор *А. И. Афанасьев*;
С. Н. Боярский, канд. техн. наук, руководитель проектов ООО Проектно-строительная компания «Эверест» (г. Екатеринбург)

Демидов, Д. В.

Д 30 Инженерно-геодезические работы при строительстве мостовых и тоннельных сооружений : учебно-методическое пособие / Д. В. Демидов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. – 70 с.

ISBN 978-5-94984-850-0

Учебно-методическое пособие предназначено для изучения теоретического материала и выполнения расчетно-графической работы обучающимися всех форм обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (направленность (профиль) – «Автодорожные мосты и тоннели»).

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

Дизайн обложки издания выполнен
Д. В. Демидовым
Источник изображения,
URL: <http://zakupki.gov.ru>

УДК 528.486:624.21/.8:624.19
ББК 38.115я73

ISBN 978-5-94984-850-0

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2022
© Демидов Д. В., 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВЫХ И ТОННЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ: ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	6
1.1. Оценка точности геодезических измерений	6
1.2. Требования к созданию геодезических сетей для строительства искусственных сооружений на автомобильных дорогах общего пользования	11
1.2.1. Общие положения	11
1.2.2. Требования к созданию опорной геодезической сети	12
1.2.3. Требования к созданию каркасной сети	15
1.2.4. Требования к созданию геодезической разбивочной основы	17
1.2.5. Геодезический мониторинг	22
1.2.6. Состав технических отчетов по созданию геодезических сетей	23
1.3. Построение плановой разбивочной сети мостовых переходов	27
1.3.1. Требования к плановой разбивочной сети мостовых переходов	27
1.3.2. Система координат разбивочной сети мостовых переходов	27
1.3.3. Методы построения геодезической сети моста	27
1.3.4. Обработка измерений в мостовой разбивочной сети	30
2. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ: ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	33
2.1. Задание и исходные данные для выполнения расчетно- графической работы	33
2.2. Методика выполнения расчетно-графической работы ...	34
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	40
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	43
Приложение 1. Перечень принятых сокращений	43
Приложение 2. Термины и определения	44

Приложение 3. Технические требования, объем и способы контроля ГРО при сооружении автодорожных мостовых сооружений	55
Приложение 4. Предельные отклонения и методы операционного контроля параметров конструкции и производства СМР при сооружении тоннелей на автомобильных дорогах	56
Приложение 5. Образцы составления документации закрепления пунктов ОГС, ГРО, МГРО, КС ..	59
Приложение 6. Схемы закрепления пунктов ОГС, ГРО, МГРО, КС	62
Приложение 7. Схемы внешнего оформления пунктов ОГС, КС, ГРО и МГРО	69

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для изучения теоретического материала и выполнения расчетно-графической работы обучающимися всех форм обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (направленность (профиль) – «Автомобильные мосты и тоннели») по следующим дисциплинам: «Инженерно-геодезические работы при строительстве мостовых сооружений (методы, приемы, средства и порядок проведения обследований)»; «Гидрология мостовых сооружений и инженерно-геодезические работы при их строительстве»; «Строительство мостовых сооружений. Строительные машины и производственная база»; «Проектирование и строительство автомобильных тоннелей».

Отдельные положения издания рекомендуются при подготовке к государственному экзамену и выполнении выпускной квалификационной работы.

Учебно-методическое пособие составлено на основе:

– Основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (направленность (профиль) – «Автомобильные мосты и тоннели»);

– Рабочих программ дисциплин «Инженерно-геодезические работы при строительстве мостовых сооружений (методы, приемы, средства и порядок проведения обследований)», «Гидрология мостовых сооружений и инженерно-геодезические работы при их строительстве», «Строительство мостовых сооружений. Строительные машины и производственная база» и «Проектирование и строительство автомобильных тоннелей»;

– Стандартов УГЛТУ СТБ 1.3.0.0-00-15 «Учебное издание. Основные положения» и СТБ 1.3.1.0-00-2015 «Учебная документация. Учебные издания. Учебно-методическое пособие. Основные положения»;

– Положения об учебных и научных изданиях в ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», утвержденного 25.04.2019 г.

Необходимость издания учебно-методического пособия вызвана отсутствием систематически подобранного издания по указанным дисциплинам и требованием организации самостоятельной работы обучающихся.

Для доступности понимания материала обучающимися в прил. 1 приведен перечень принятых сокращений, а в прил. 2 – термины и определения.

1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВЫХ И ТОННЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ: ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Оценка точности геодезических измерений

Существует несколько подходов к понятию «измерение»: с позиции *философии* – акт познания действительности, причем результат измерения должен удовлетворять требованиям объективной истины [19]; с позиции *метрологии* – познавательная операция, в которой производится процедура сравнения какой-либо величины с другой величиной, принятой за эталон, в результате чего определенные объекты получают количественные характеристики¹.

Важно указать, что измерение требует применения определенных средств измерения и принятых единиц измерения.

Измерения разделяют: прямые и косвенные, однократные и многократные, равноточные и неравноточные [25].

При *прямых* измерениях значение искомой величины получается непосредственно по показаниям прибора². При *косвенных* измерениях значение искомой величины находится вычислениями по известным формулам на основании данных прямых измерений³.

Однократные измерения дают одно значение измеряемой величины. При *многократных* измерениях величина измеряется $n > 1$ раз, поэтому такие измерения необходимы для контроля, позволяя получить более надежный результат.

Равноточные измерения выполняются в одинаковых условиях: приборами одинаковой точности, исполнителями одинаковой квалификации, одними и теми же методами и равное число раз, при одинаковых условиях внешней среды. *Неравноточные* измерения выполняются в неодинаковых условиях, поэтому имеют разную точность.

Любое измерение сопровождается **погрешностями измерения**: грубыми, систематическими и случайными.

Грубые погрешности (ошибки, промахи, просчеты) выявляют и устраняют контрольными измерениями.

Систематические погрешности искажают результат измерений всегда в какую-либо сторону, например, если мерная лента короче эталона

¹ Источник: <https://gtmarket.ru/concepts/6963>.

² Например, рулеткой измеряется длина отрезка.

³ Например, определение площади треугольника по измеренным основанию и высоте.

на величину Δl . Кроме того, если известна длина мерной ленты при одной температуре, а измерения производятся при другой, тогда появится систематическая погрешность за счет теплового линейного расширения материала ленты. Такие погрешности исключаются введением поправок.

Случайные погрешности принципиально неустранимы, так как они изменяются случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Уменьшение их влияния сводится к совершенствованию приборов и методов измерений, в частности к увеличению числа повторных измерений, к выбору благоприятных условий работы.

Установлены следующие статистические свойства случайных погрешностей.

1. Погрешности по модулю не превосходят некоторого предела

$$|\Delta| \leq \Delta_{\text{пред}}. \quad (1.1)$$

2. Равные по модулю положительные и отрицательные погрешности одинаково возможны.

3. Малые погрешности встречаются чаще, чем большие.

4. Среднее арифметическое из погрешностей равнозначных измерений стремится к нулю при неограниченном возрастании числа измерений, т. е.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n}{n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0. \quad (1.2)$$

На этих свойствах основана оценка погрешностей и установление наиболее достоверных результатов измерений.

Карл Фридрих Гаусс (1777–1855) предложил показатель «средняя квадратическая погрешность отдельного измерения», называемый критерием Гаусса [14]

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \quad (1.3)$$

обеспечивая более надежную оценку точности по сравнению со средним арифметическим из абсолютных значений погрешностей $\theta = [\Delta]/n$, что можно видеть из нижеприведенного примера.

Пример 1. Пусть имеется два ряда измерений при условии, что точность первого ряда заведомо ниже, так как он содержит более значительные по величине погрешности (–6 и +7):

$$\text{I ряд: } -1; +2; -6; +7; -1 \quad [|\Delta|] = 17.$$

$$\text{II ряд: } -4; +2; -4; +3; -4 \quad [|\Delta|] = 17.$$

Поскольку $\theta_1 = \pm 17/5 = \pm 3,4$ и $\theta_2 = \pm 17/5 = \pm 3,4$, имеем одинаковую точность обоих рядов.

Но при оценке точности критериев Гаусса получаем, что

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{1^2 + 2^2 + 6^2 + 7^2 + 1^2}{n}} = \pm 4,2 \quad \text{и} \quad m_2 = \pm \sqrt{\frac{4^2 + 2^2 + 4^2 + 3^2 + 4^2}{n}} = \pm 3,5.$$

Видно, что $m_1 > m_2$, и наличие в первом ряду больших погрешностей проявилось.

Доказано, что при достаточно большом числе измерений случайная погрешность может быть больше $2m$ в пяти случаях из ста и больше $3m$ в трех случаях из 1000. Обычно принимают для более ответственных измерений $\Delta_{\text{пред}} = 2m$, отбраковывая те результаты измерений, где погрешность больше $2m$.

Средняя θ , средняя квадратическая m и предельная $\Delta_{\text{пред}}$ погрешности называют *абсолютными*. Они имеют ту же размерность, что и измеряемая величина.

Зачастую на практике необходимо знать не абсолютную, а относительную погрешность. Например, если одна линия измерена с точностью $1/2000$ (т. е. на 2000 м погрешность составляет 1 м), а вторая с точностью $1/5000$, то, очевидно, что вторая линия измерена точнее.

Относительную погрешность обычно представляют дробью, числитель которой равен 1, а знаменатель есть частное от деления измеренной величины на абсолютную погрешность. Так, относительная средняя квадратическая погрешность будет $\frac{m}{L} = \frac{1}{L:m}$.

Необходимость оценивать точность измерений возникает в следующих случаях.

1. Истинное значение измеряемой величины X известно заранее, например сумма углов многоугольника. Тогда значение погрешности измерений $\Delta_i = l_i - X$ и $m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}$. В практике такой случай встречается редко.

2. Истинное значение измеряемой величины заранее неизвестно. Тогда по результатам нескольких равноточных измерений можно определить наиболее вероятное (вероятнейшее) значение измеряемой величины \bar{l} , которым оказывается арифметическое среднее.

Зная \bar{l} , можно вычислить вероятные погрешности (отклонения) $v_i = l_i - \bar{l}$ и по формуле Бесселя среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения $m = \pm \sqrt{\frac{|v_i^2|}{n-1}}$.

Но само вероятнейшее значение будет определено также с погрешностью, которую находят по формуле $M = m/\sqrt{n}$.

Пример 2. Даны результаты измерения линии (табл. 1.1). Необходимо оценить точность измерений, т. е. вычислить m , M и $\frac{M}{\bar{l}}$.

Таблица 1.1

Исходные данные

Номер измерения	l, м	V, см	v ² , см ²
1	68,31	-1	1
2	68,30	-2	4
3	68,34	+2	4
4	68,32	0	0
5	68,33	+1	1
	$\bar{l} = 68,32$	$[v] = 0$	$[v^2] = 10$

Решение: $\bar{l} = \frac{68,31 + 68,30 + 68,34 + 68,32 + 68,33}{5} = 68,32 \text{ м.}$

$$m = \pm \sqrt{\frac{|v^2|}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{10}{5-1}} = 2 \text{ см.} \quad M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} \approx \pm \frac{2}{\sqrt{5}} \approx \pm 0,7 \text{ см.}$$

$$\frac{M}{\bar{l}} \approx \frac{0,7 \text{ см}}{68,32 \text{ м}} \approx \frac{1}{9706}.$$

3. Измеряемая величина определяется косвенным путем, т. е. является функцией $z = f(x, y, \dots t)$ других измеренных с какой-то точностью величин (так называемых измеряемых аргументов), средние квадратические погрешности которых $m_x; m_y; \dots m_t$.

В теории погрешностей измерений доказано, что средняя квадратическая погрешность величины $z(m_z)$ выражается формулой

$$m_z = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} m_x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} m_y\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial t} m_t\right)^2}. \quad (1.4)$$

Пример 3. В треугольнике на плане измерено основание $b = 112,0$ м с $m_b = \pm 5$ см и высота $h = 60,18$ м с $m_h = \pm 5$ см. Требуется определить относительную среднюю квадратическую погрешность площади треугольника $\frac{m_S}{S}$.

Площадь треугольника участка равна

$$S = \frac{1}{2} b h = \frac{1}{2} \cdot 112,0 \cdot 60,18 = 3370,08 \text{ м}^2.$$

Найдем частные производные от функции S по аргументам b и h :

$$\frac{\partial S}{\partial b} = \frac{1}{2} h; \quad \frac{\partial S}{\partial h} = \frac{1}{2} b.$$

Тогда

$$m_S = \pm \sqrt{\left(\frac{1}{2} h m_b\right)^2 + \left(\frac{1}{2} b m_h\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} 60,18 \cdot 0,05\right)^2 + \left(\frac{1}{2} 112,00 \cdot 0,03\right)^2} = 2,2 \text{ м}^2$$

и

$$\frac{m_S}{S} \approx \frac{2,2}{3370} \approx \frac{1}{1500}.$$

Приведенные положения оценки точности геодезических измерений являются необходимыми базовыми знаниями выпускника по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», позволяющими обеспечить понимание важности точности инженерно-геодезических работ, выполняемых при строительстве мостовых и тоннельных сооружений, в первую очередь разбивочных работ.

Технические требования, объем и способы контроля ГРО при сооружении автодорожных мостовых сооружений приведены в прил. 3.

Предельные отклонения и методы операционного контроля параметров конструкции и производства СМР при сооружении тоннелей на автомобильных дорогах приведены в прил. 4.

1.2. Требования к созданию геодезических сетей для строительства искусственных сооружений на автомобильных дорогах общего пользования

1.2.1. Общие положения

В соответствии с п. 3 ГОСТ Р 59865-2022 [3] для строительства искусственных сооружений на автомобильных дорогах общего пользования выделены следующие виды геодезических сетей: опорная геодезическая сеть (далее – ОГС), каркасная сеть (далее – КС), геодезическая разбивочная основа (далее – ГРО).

Нижеприведенные положения требований ГОСТ Р 59865-2022 по созданию ОГС, КС, ГРО распространяются для объектов на застроенных и незастроенных территориях. Так, в п. 4.1 предусмотрено: «Работы по созданию ОГС, КС, ГРО следует выполнять в объеме и с необходимой точностью, обеспечивающей создание и реализацию проектных решений с соблюдением требований, заложенных в нормативных документах, технической и проектной документации».

При этом установлены следующие требования к сетям по точности:

– созданная **при выполнении инженерно-геодезических изысканий** ОГС закладывает проектную точность относительно заданной системы координат и высот;

– созданная **в подготовительный период строительства** КС исключает возможные ошибки ГГС, ГНС и переносит точность принятой системы координат и высот в непосредственную близость от объекта строительства;

– создаваемая **в подготовительный период строительства** ГРО обеспечивает проектную точность на весь период проведения САД и располагается в непосредственной близости от места проведения работ.

Необходимо учитывать, что если в состав проекта входят тоннели, то создание ГРО осуществляется в соответствии с техническими требованиями, приведенными в СП 122.13330.2012 [6].

В соответствии с п. 4.8: «Выбор систем координат для реализации проекта осуществляется при условии сохранения соответствия между числовыми значениями координат проекта и натурой».

При этом геодезические работы являются неотъемлемой частью технологического процесса строительного производства, и их следует проводить в соответствии с проектной документацией и единому для данной строительной площадки графику производства работ согласно срокам выполнения работ.

Генподрядчик обязан вести ОЖГР на объекте строительства, а также организовать своевременное заполнение журнала всеми организациями, участвующими в САД.

На объектах строительства и реконструкций следует разрабатывать ППГР. На объектах капитального ремонта, ремонта и комплексного обустройства ППГР разрабатывается в составе проектов производства работ в полном или неполном объеме в соответствии с требованиями СП 48.13330.2019.

Освидетельствование и передачу на сохранность пунктов ОГС, КС и ГРО следует оформлять соответствующими актами.

Выписки с координатами и высотами исходных пунктов ГГС и ГНС следует получать из каталогов координат и нивелирных каталогов, с официальным заверением соответствующих органов Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии.

Перед началом проведения инженерно-геодезических изысканий и работ по созданию ОГС необходимо выполнить обследование исходных пунктов ГГС и ГНС.

Пункты КС и ГРО в процессе строительства должны находиться под наблюдением (обеспечение сохранности и устойчивости) и проверяться в ходе сезонного геодезического мониторинга не реже двух раз в год (в весенний и осенне-зимний периоды).

На объектах, где проектным решением предусмотрено использование 3D-систем автоматического управления строительной техникой при планировке земляного полотна и устройстве слоев дорожной одежды согласно проектным отметкам, создание КС и ГРО является обязательным.

1.2.2. Требования к созданию опорной геодезической сети

ОГС должна проектироваться с учетом ее последующего использования при геодезическом обеспечении строительства и эксплуатации объекта. Закрепленные пункты должны входить в состав ГРО для последующих проектов строительства, реконструкций, капитального ремонта и ремонтов автомобильных дорог.

ОГС необходимо создавать с привязкой к имеющимся в районе проведения инженерно-геодезических изысканий пунктам ГГС и ГНС. Образец схемы расположения пунктов ГГС, ГНС, ОГС приведен на рис. П.5.2 прил. 5.

Привязку ОГС необходимо проводить к максимальному количеству пунктов сети ГГС и ГНС в районе производства работ, согласно рис. 1.1.

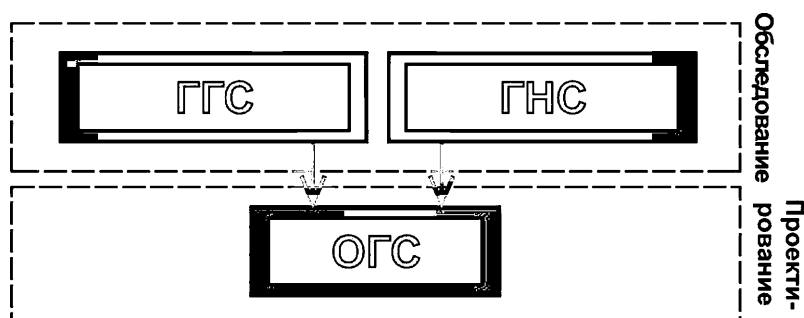


Рис. 1.1. Структурная последовательность создания ОГС

При создании плановой ОГС число включаемых в сеть исходных пунктов ГГС должно быть не менее четырех, причем на каждом из пунктов сети должно сходиться не менее трех векторов. При создании высотной ОГС число исходных нивелирных пунктов ГНС должно быть не менее пяти. На протяженных линейных объектах рекомендуется использовать в среднем четыре исходных пункта на каждые 15 км.

Плотность геодезических пунктов и реперов долговременного закрепления должна составлять не менее двух пунктов в пределах видимости на начальном и (или) конечном километре трассы, а по всей протяженности трассы не реже чем через 1 км, при переходе средних и больших водотоков, путепроводов и тоннелей – по одному пункту с каждой стороны перехода или пересечения.

Пункты ОГС должны иметь конструкцию долговременного закрепления и соответствовать требованиям прил. 6. Допускается использовать для включения в сеть пункты ОГС, КС и ГРО, ранее сданные на сохранность заказчику, если они удовлетворяют требованиям прил. 6. Внешнее оформление центров пункта ОГС следует принимать согласно прил. 7.

ОГС следует создавать с учетом обеспечения сохранности и устойчивости знаков, закрепляющих пункты ОГС, выбора местоположения для возможности их использования в качестве ГРО на стадии строительно-монтажных работ, геологических, температурных, динамических процессов и других воздействий в районе строительства, которые могут оказать неблагоприятное влияние на сохранность и стабильность положения пунктов.

Плановое положение пунктов ОГС при инженерно-геодезических изысканиях для строительства следует определять от пунктов ГГС (1–4-го классов) методами полигонометрии, триангуляции, трилатерации, построения линейно-угловых сетей, а также на основе использования ГНСС-оборудования и их сочетанием, обеспечивающими точность.

Значения предельных погрешностей построения сети ОГС на застраиваемом объекте: угловые измерения – 5 с; линейные измерения – 1/25 000; определение превышения на 1 км хода – 10 мм.

Определение высотного положения пунктов ОГС проводят по методикам геометрического нивелирования классов классов II, III, в качестве исходных следует использовать пункты ГНС классов I-III. При удаленности исходных пунктов ГНС от определяемой сети ОГС свыше 10 км допускается применение спутниковых измерений, удовлетворяющих точности методик геометрического нивелирования классов II, III.

На каждом пункте необходимо измерить не менее двух связующих направлений с ближайшими исходными пунктами звена, а также направления, связывающие данный пункт со смежными определяемыми пунктами. Измерения на пунктах ГГС, ГНС и ОГС следует выполнять в статическом режиме. Привязку определяемых пунктов выполняют путем составления полигона, включающего как исходные, так и определяемые пункты, состоящего из сети треугольников, стороны которых образованы векторами спутниковых измерений.

Методику статических измерений следует предварительно согласовать с заказчиком в программе работ. Обработку результатов измерений и уравнивания сети следует выполнять на ПК с помощью лицензионного программного обеспечения обработки спутниковых измерений.

Контроль качества созданной ОГС осуществляют путем контрольных измерений базисов с помощью электронного тахеометра.

При дополнительном сгущении сети ОГС спутниковыми методами необходимо использовать исходные пункты ГГС и ГНС.

По результатам создания сети ОГС необходимо составить и передать в архив заказчика технический отчет. В ходе передачи проектным институтом результатов инженерно-геодезических изысканий заказчику необходимо осуществить передачу ему пунктов сети ОГС на сохранность (к акту приложить технический отчет по созданию сети ОГС).

Для выполнения мобильного лазерного сканирования и воздушного сканирования при проведении инженерно-геодезических изысканий необходимо выполнить создание съемочного обоснования от сети ОГС, удовлетворяющего техническим параметрам методики сканирования, предварительно согласовав технические характеристики съемочного обоснования через программу работ с заказчиком.

1.2.3. Требования к созданию каркасной сети

Генподрядчик создает КС с высокой точностью для последующего использования ее в качестве исходной при создании ГРО (рис. 1.2).

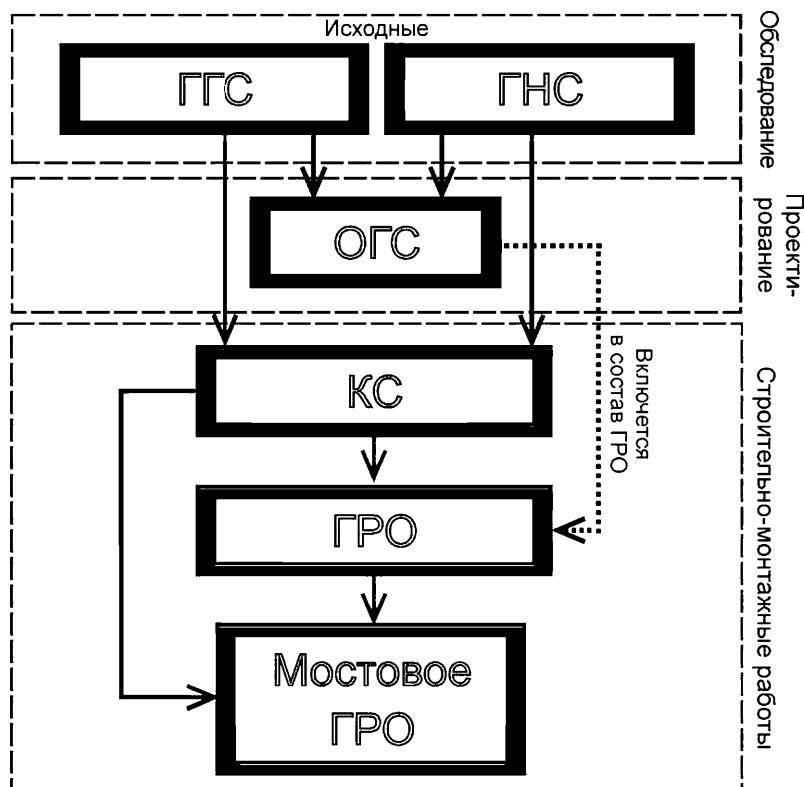


Рис. 1.2. Структурная последовательность создания КС и ГРО

Заказчик предоставляет список исходных пунктов ГГС и ГНС в составе «Технического отчета по созданию сети ОГС», используемых при инженерно-геодезических изысканиях для проектирования.

КС необходимо создавать с привязкой ко всем исходным пунктам ГГС и ГНС, использованных в ходе создания ОГС для инженерно-геодезических изысканий при проектировании объекта. КС в виде долговременных высокоточных пунктов на период строительства, для последующего создания и восстановления сети ГРО, а также оперативного проведения сезонного освидетельствования на протяженных линейных объектах.

Работы по построению КС для САД следует создавать в соответствии с предварительно утвержденной с заказчиком программой работ по созданию КС, которая составляется на основе генерального плана и стройгенплана объекта строительства. Разработанную программу необходимо предоставлять на утверждение за 10 дней до начала производства работ по созданию КС.

В результате выполнения геодезических работ должны быть оформлены следующие документы: каталоги координат и отметок исходных пунктов, каталоги (ведомости) проектных и фактических координат и отметок, ведомости уравнивания геодезических измерений, чертежи, фото и абрисы геодезических знаков, пояснительная записка. Чертеж КС следует составлять в масштабе генерального плана строительной площадки.

Пункты КС следует располагать попарно в местах круглогодичного подъезда, за пределами зоны строительства. Образец схемы приведен на рис. П.5.3 прил. 5 согласно требованиям табл. 1.2.

Таблица 1.2

Предельное расстояние между парами пунктов КС

Протяженность линейного объекта, км	Расположение пунктов КС	Предельное расстояние между парами пунктов КС
Менее 5	Пункты КС в паре располагают на расстоянии 350–700 м	Располагают в начале и конце объекта строительства
От 5 до 10		5 км
От 10 до 100		8 км
Свыше 100		По согласованию с заказчиком

Исходные пункты ГГС и ГНС, расположенные в непосредственной близости объекта, согласно требованиям табл. 1.2, допускается использовать в качестве пунктов КС.

КС следует создавать с учетом проектного и существующего расположения сооружений и инженерных сетей, а также рельефа местности, закладки пунктов на границе зоны полосы отвода в местах обеспечения наибольшей сохранности и устойчивости знаков, закрепляющих пункты КС, круглогодичного подъезда и беспрепятственного доступа, геодезических, температурных, динамических процессов и других воздействий в районе строительства, которые могут оказать неблагоприятное влияние на сохранность и стабильность положения пунктов, целостности и сохранности подземных коммуникаций, дальнейшего ее использования в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации автомобильной дороги.

Закрепление пунктов КС для строительства следует выполнять в соответствии с прил. 6. Внешнее оформление центров пункта КС принимают согласно прил. 7.

Плановое положение пунктов КС следует определять методами полигонометрии, построения линейно-угловых сетей, а также на ос-

нове использования спутниковой геодезической аппаратуры и их сочетанием, что обеспечивает точность в соответствии с табл. 1.3.

Таблица 1.3

Значения предельных погрешностей построения сети КС
на застраиваемом объекте

Характеристика объектов строительства	Значения предельных погрешностей построения сети КС на застраиваемом объекте		
	Угловые измерения, с	Линейные измерения	Определение превышения на 1 км хода, мм
Отдельно стоящие сооружения (мосты, путепроводы), инженерные сети, строительство, капитальный ремонт, реконструкция автомобильных дорог	5	1/25 000	10

На каждом пункте следует измерить не менее двух связующих направлений с ближайшими исходными пунктами звена, а также направления, связывающие данный пункт со смежными определяемыми пунктами.

Измерения на пунктах ГГС и КС выполняют в статическом режиме, время наблюдения по каждому вектору дополнительно согласовывают с заказчиком в программе работ.

Привязку определяемых пунктов следует выполнять путем составления полигона, включающего как исходные, так и определяемые пункты, состоящего из сети треугольников, стороны которых образованы векторами спутниковых измерений.

По результатам создания КС необходимо составить и передать заказчику на проверку «Технический отчет по созданию КС».

Освидетельствования КС необходимо осуществить согласно акту (к акту приложить «Технический отчет по созданию КС»).

1.2.4. Требования к созданию геодезической разбивочной основы

Генеральный подрядчик создает ГРО для САД от пунктов КС в подготовительный период строительства, согласно рис. 1.2. В состав ГРО необходимо включить сохранившиеся пункты ОГС.

ГРО следует создавать в виде сети закрепленных знаками геодезических пунктов в местах, обеспечивающих их сохранность на весь период проведения САД с учетом удобства, соблюдения взаимной видимости между смежными пунктами, определения положения со-

оружения на местности и обеспечивающих выполнение дальнейших построений и измерений в процессе САД с необходимой точностью.

ГРО следует создавать с учетом проектного и существующего размещений сооружений и инженерных сетей на строительной площадке, прямой видимости на смежные пункты, обеспечения сохранности и устойчивости знаков, закрепляющих пункты ГРО, закладки пунктов по границам или вне зоны полосы отвода (не более 10 м от нее), геологических, температурных, динамических процессов и других воздействий в районе строительства, которые могут оказать неблагоприятное влияние на сохранность и стабильность положения пунктов, целостности и сохранности подземных коммуникаций, использования создаваемой сети ГРО для последующего развития автомобильных дорог.

Работы по построению ГРО для строительства следует выполнять от пунктов КС в соответствии с указаниями ППГР по созданию ГРО, которые составляются на основе генерального плана и стройгенплана объекта строительства (прил. 5).

За 10 дней до начала строительства генеральный подрядчик обязан разработать и предоставить на утверждение заказчику ППГР, который должен соответствовать требованиям нормативных документов и технической документации, и в том числе содержать:

- краткие сведения об объекте строительства, его особенностях и топографо-геодезической изученности района строительства;
- основные положения о взаимоотношениях между заказчиком и генеральным подрядчиком;
- схему местоположения знаков ГРО на площадке строительства, разработанную на основе генерального плана и стройгенплана объекта строительства;
- конструкции рекомендуемых знаков для закрепления пунктов КС, ГРО и МГРО, данные о точности и методике построения КС, ГРО и МГРО с учетом требований настоящего и национальных стандартов;
- данные о точности и методах выполнения разбивочных работ, контрольных измерений и исполнительных съемок, требования к точности выполнения работ при мониторинге осадок и деформаций отдельных конструкций, а также сооружений;
- перечень используемых измерительных приборов и инструментов для необходимой точности выполнения работ с предоставлением актуальных сведений об их метрологической поверке (калибровке) и аттестации;
- указания о необходимости проведения плановых поверок и юстировок измерительных приборов в соответствии с требованиями

и с учетом технических условий эксплуатационной документации на измерительные средства;

- перечень и образцы исполнительной геодезической документации, график выполнения геодезических работ;
- лист ознакомления ответственного персонала с положениями ППГР.

В результате выполнения геодезических работ должны быть оформлены следующие документы: каталоги координат и отметок исходных пунктов КС; каталоги (ведомости) проектных и фактических координат и отметок; ведомости уравнивания геодезических измерений; чертежи, фото и абрисы геодезических знаков; пояснительная записка. Чертеж ГРО составляется в масштабе генерального плана строительной площадки.

Построение ГРО необходимо создавать от пунктов КС методами полигонометрии, геометрического нивелирования, спутниковыми определениями координат и другими методами, обеспечивающими точность в соответствии с табл. 1.4.

Таблица 1.4

Значения предельных погрешностей построения сети ГРО на объекте

Характеристика объектов строительства	Значения предельных погрешностей построения сети ГРО на объекте строительства			Предельная погрешность взаимного положения смежных пунктов сети ГРО плоских прямоугольных координат в системе МСК-СРФ (X; Y), мм	Примечание
	Угловые измерения, с	Линейные измерения	Определение превышения на 1 км хода, мм		
Строительство, реконструкция, капитальный ремонт, ремонт и комплексное обустройство автомобильных дорог	5	1/10 000	10	30	Расстояние между смежными пунктами ГРО не более 350 м (в горной/холмистой местности рекомендуется не более 200 м)

Закрепление пунктов ГРО для строительства следует выполнять в соответствии с прил. 6 (конструкция пункта ГРО). Внешнее оформление центров пункта ГРО следует принимать согласно прил. 7.

Места закладки пунктов сети ГРО и КС должны быть указаны на генеральных планах, стройгенпланах ПОС, а также на чертежах ППГР.

Для проведения контроля заказчиком и представителями строительного контроля генподрядчик не менее чем за 10 календарных дней до начала выполнения САД должен представить поэтапно техническую документацию (ППГР, технический отчет по созданию КС, технический отчет по созданию ГРО) и созданные пункты КС и ГРО на освидетельствование. Технический отчет по созданию КС и технический отчет по созданию ГРО могут быть объединены и представлены единым томом.

Процесс освидетельствования ГРО для строительства оформляется актами (к акту прилагают «Технический отчет по созданию сети ГРО»).

Все работы по созданию сетей сгущения, выноса в натуру, осевых знаков (определяющие начало, конец трассы, на углах поворота и резких переломах), создания опорных пунктов для строительства ИССО и разбивочных работ проводят и контролируют от принятой сети КС и ГРО на объекте строительства.

Принятые геодезические пункты ГРО и КС должны находиться под наблюдением (обеспечение сохранности и устойчивости) генподрядчика на весь период строительства. При утрате пунктов ГРО и КС в процессе строительства генподрядчик обязан выполнить восстановление, а также переопределение координат и высоты пункта согласно требованиям, указанным в табл. 1.4, и включить в общий каталог пунктов.

Генподрядчик обязан проводить геодезический мониторинг сети ГРО и МГРО не менее двух раз в год (в весенний и осенне-зимний периоды) и предоставлять результаты в техническом отчете по мониторингу пунктов сети ГРО и МГРО на согласование строительному контролю.

При сдаче объекта строительства в эксплуатацию генподрядчик обязан передать пункты сети ГРО и КС на сохранность заказчику по акту, с участием строительного контроля.

Построение МГРО необходимо создавать от пунктов КС или ГРО методами полигонометрии, геометрического нивелирования, спутниковыми определениями координат и другими методами, обеспечивающими точность в соответствии с табл. 1.5.

При строительстве, реконструкции и капитальном ремонте ИССО следует создать МГРО в виде полигона вокруг ИССО. Плотность закладки пунктов МГРО принимается согласно требованиям табл. 1.6.

Таблица 1.5

Средние квадратические погрешности определения координат и высотного положения пунктов МГРО

Характеристика объектов строительства	Средние квадратические погрешности определения координат пунктов МГРО, мм	Средние квадратические погрешности определения высотного положения пунктов МГРО, мм
ИССО (мосты, путепроводы, транспортные развязки, эстакады, надземные пешеходные переходы)	6	3

Таблица 1.6

Плотность пунктов МГРО

Характеристика объектов строительства, капитального ремонта, реконструкций ИССО	Плотность пунктов МГРО, шт.
ИССО с площадью застройки более 100 000 м ²	16
ИССО с площадью застройки от 10 до 100 000 м ²	9
ИССО с площадью застройки менее 10 000 м ²	4
Внеклассные мосты	Расчет количества пунктов проектной организацией

При закладке центров пунктов МГРО рекомендуется использовать конструкцию пунктов принудительного центрирования в соответствии с рис. П.6.4 и П.6.5 прил. 6. МГРО необходимо создавать с применением масштабного коэффициента с размерностью 1,0000000 с целью исключения влияния редукации.

При ремонте ИССО работы по созданию МГРО следует предусматривать в случае, если проектом предусмотрено и необходимо проведение геодезического сопровождения при реализации ремонтных работ.

При строительстве внеклассовых мостов через водотоки и заливы с протяженной русловой частью МГРО на водной части объекта необходимо выполнить в виде русловых пунктов, конструкция, количество и месторасположение которых до начала проведения работ необходимо разработать проектной организацией и утвердить в составе ППГР МГРО для внеклассовых мостов необходимо выполнить не менее чем за 10 календарных дней до начала проведения САД.

При проектировании отдельно стоящих ИССО работы по созданию МГРО проводятся проектной организацией на этапе инженерно-геодезических изысканий по требованию заказчика.

В остальных случаях МГРО создается генподрядчиком не менее чем за 10 календарных дней до начала проведения САД.

Заказчик должен выполнить занесение переданных на сохранность данных пунктов сети ГРО и КС для строительства в единую базу геоинформационных систем (ГИС) заказчика.

Плотность и количество, а также точность планово-высотного положения фотограмметрических опознавательных знаков для линейной части автомобильных дорог принимается согласно табл. 1.2 и 1.3, а для ИССО согласно табл. 1.5 и 1.6.

1.2.5. Геодезический мониторинг

Геодезический мониторинг каркасной сети. В случае частичной или полной утраты пунктов ГРО генподрядчик обязан перед их восстановлением выполнить геодезический мониторинг КС.

Для этого необходимо выполнить контроль координат и высот пунктов КС методиками, отвечающими требованиям табл. 1.2.

По результатам геодезического мониторинга КС необходимо составить технический отчет, в составе которого необходимо отразить:

- результаты контроля планового положения пунктов КС методами полигонометрии или спутниковыми определениями;
- результаты контроля высотного положения пунктов КС геометрическим нивелированием;
- фотоотчет по обследованию пунктов сети КС;
- в случае полной или частичной утраты пунктов КС или выявления сверхнормативных отклонений по результатам геодезического мониторинга необходимо выполнить переопределение координат и высот пунктов КС от исходных пунктов ГГС и ГНС, использованных ранее генподрядчиком при создании КС.

Сезонный геодезический мониторинг. Генподрядчик обязан проводить геодезический инструментальный мониторинг освидетельствованных знаков ГРО и МГРО в процессе САД, которые должны находиться под наблюдением (обеспечение сохранности и устойчивости) и которые следует проверять не реже двух раз в год (в весенний и осенне-зимний периоды). Инструментальный контроль планового и высотного положений пунктов сети ГРО и МГРО необходимо выполнять методиками, отвечающими требованиям табл. 1.3.

Результаты представляют в техническом отчете по мониторингу пунктов сети ГРО и МГРО на проверку и утверждение геодезической службе строительного контроля, в который входят:

- результаты контроля планового положения пунктов сети ГРО методами полигонометрии или спутниковыми определениями;

- результаты контроля планового положения пунктов сети МГРО методами полигонометрии;
- результаты контроля высотного положения пунктов ГРО и МГРО методом геометрического нивелирования (контроль проводят методикой нивелирования класса III);
- альбом карточек пунктов сети ГРО и МГРО;
- отметки и координаты нулевого цикла (полученные при создании) и отметки и координаты, полученные в последующих циклах сезонного освидетельствования;
- актуальный каталог координат и высот по результатам проведения сезонного освидетельствования пунктов сети ГРО и МГРО;
- информация по результатам проведения сезонного геодезического мониторинга, которую необходимо отражать в ОЖГР.

1.2.6. Состав технических отчетов по созданию геодезических сетей

Состав технического отчета по созданию ОГС для инженерно-геодезических изысканий для проектирования. В текстовой части технического отчета необходимо приводить сведения о задачах инженерных изысканий, местоположении района (площадки, трассы), характере проектируемых объектов строительства, видах, объемах и методах работ, сроках их проведения и исполнителях работ, соответствии результатов инженерных изысканий договору (контракту).

При изложении сведений об исполнителе необходимо приводить информацию о государственной регистрации организации и наименование зарегистрировавшего его органа, наличии свидетельства о допуске к видам работ по инженерным изысканиям (номер; срок действия свидетельства; наименование саморегулируемой организации (СРО), выдавшей свидетельство).

Текстовая часть технического отчета в зависимости от назначения инженерно-геодезических изысканий и технического задания Заказчика должна содержать следующие разделы и сведения:

- общие сведения: основания для производства работ, цель инженерно-геодезических изысканий, местоположение района (площадки, трассы) инженерных изысканий, сведения о проектируемом объекте, системах координат и высот, виды и объемы выполненных работ, сроки их проведения, сведения об исполнителе, перечень нормативных документов и материалов, в соответствии с которыми выполнены работы по созданию ОГС;
- краткая физико-географическая характеристика района (пло-

щадки, трассы и прилегающей территории): характеристика рельефа и грунтов, глубина промерзания грунтов (при закладке долговременных геодезических центров КС), наличие растительности и средняя температура воздуха;

- сведения о методике закладки пунктов ОГС: состав и технология закладки пунктов ОГС;

- сведения о методике и технологии геодезических работ при создании ОГС: состав и технология полевых и камеральных работ, используемые методы, средства измерений, программное обеспечение, характеристики точности и детальности выполненных работ и исследований;

- заключение — краткие результаты выполненных работ по созданию ОГС.

Графическая часть и приложения к техническому отчету должны содержать:

- схемы созданной ОГС с указанием привязок к пунктам ГГС и ГНС;
- ведомость и акты обследования исходных пунктов ГГС и ГНС (наименование пункта, тип знака, тип центра, класс/разряд по полигонометрии и класс нивелирования) с оценкой пригодности их к использованию, описания и абрисы геодезических пунктов по результатам обследования;

- архивные инженерно-топографические планы (в случае их наличия), представленные в графическом или цифровом видах;

- копию технического задания на производство инженерно-геодезических изысканий от заказчика;

- данные о метрологической поверке (калибровке) средств измерений, выполненной до начала полевых работ;

- копию свидетельства СРО;

- материалы вычислений, уравнивания и оценки точности;

- альбом карточек закладки пунктов сети ОГС;

- каталоги координат и высот пунктов ОГС;

- акт передачи на сохранность заказчику геодезических пунктов ОГС.

Состав технического отчета о создании КС на объекте строительства. В текстовой части технического отчета необходимо приводить сведения о характере объектов строительства, сроках их проведения и исполнителях работ.

При изложении сведений об исполнителе необходимо приводить информацию о государственной регистрации организации и наименование зарегистрировавшего его органа, наличии свидетельства о допуске к

видам работ по инженерным изысканиям (номер; срок действия свидетельства; наименование СРО, выдавшей свидетельство).

Текстовая часть технического отчета должна содержать следующие разделы и сведения:

- общие сведения: основание для производства работ, местоположение района (площадки, трассы), сведения об объекте, системах координат и высот, виды и объемы выполненных работ, сроки их проведения, перечень нормативных документов и материалов, в соответствии с которыми выполнены работы по созданию сети КС;

- краткая физико-географическая характеристика района: характеристика рельефа и грунтов, глубина промерзания грунтов, наличие растительности и средняя температура воздуха;

- сведения о методике закладки пунктов КС: состав и технология закладки пунктов КС;

- сведения о методике и технологии геодезических работ при создании КС: состав и технология полевых и камеральных работ, используемые методы, средства измерений, программное обеспечение, характеристики точности и детальности выполненных работ и исследований;

- заключение: краткие результаты выполненных работ по созданию КС.

Графическая часть и приложения к техническому отчету должны содержать:

- копию свидетельства СРО;

- копию каталога исходных пунктов ГГС и ГНС с координатами и высотами;

- схемы созданной КС с указанием привязок к пунктам ГГС и ГНС;

- ведомость и акты обследования исходных пунктов ГГС и ГНС (наименование пункта, тип знака, тип центра, класс/разряд по полигонометрии и класс нивелирования) с оценкой пригодности их к использованию, описания и абрисы геодезических пунктов по результатам обследования;

- альбом карточек закладки пунктов КС;

- данные о метрологической поверке (калибровке) средств измерений, выполненной до начала полевых работ;

- материалы вычислений, уравнивания и оценки точности;

- каталоги координат и высот пунктов КС;

- акт освидетельствования сети КС.

Состав технического отчета о создании ГРО и МГРО на объекте строительства. В текстовой части технического отчета необходимо приводить сведения о характере объектов строительства, сроках их проведения и исполнителях работ.

При изложении сведений об исполнителе необходимо приводить информацию о государственной регистрации организации и наименование зарегистрировавшего его органа, наличии свидетельства о допуске к видам работ по инженерным изысканиям (номер; срок действия свидетельства; наименование СРО, выдавшей свидетельство).

Текстовая часть технического отчета должна содержать следующие разделы и сведения:

- общие сведения: основание для производства работ, местоположение района (площадки, трассы), сведения об объекте, системах координат и высот, виды и объемы выполненных работ, сроки их проведения, перечень нормативных документов и материалов, в соответствии с которыми выполнены работы по созданию сети ГРО и МГРО;

- краткая физико-географическая характеристика района: характеристика рельефа и грунтов, глубина промерзания грунтов, наличие растительности и средняя температура воздуха;

- сведения о методике закладки пунктов ГРО: состав и технология закладки пунктов ГРО и МГРО;

- сведения о методике и технологии геодезических работ при создании ГРО: состав и технология полевых и камеральных работ, используемые методы, средства измерений, программное обеспечение, характеристики точности и детальности выполненных работ и исследований;

- заключение: краткие результаты выполненных работ по созданию ГРО и МГРО.

Графическая часть и приложения к техническому отчету должны содержать копию свидетельства СРО, копию каталога исходных пунктов ГГС и ГНС с координатами и высотами, схемы созданной сети ГРО с указанием привязок к пунктам КС, альбом карточек закладки пунктов ГРО и МГРО, данные о метрологической поверке (калибровке) средств измерений, выполненной до начала полевых работ, материалы вычислений, уравнивания и оценки точности, каталоги координат и высот пунктов ГРО и МГРО, акт освидетельствования сети.

1.3. Построение плановой разбивочной сети мостовых переходов

1.3.1. Требования к плановой разбивочной сети мостовых переходов

Разбивочная сеть мостовых переходов служит основой для выноса проекта в натуру и должна обеспечивать необходимую точность разбивочных работ, создавать максимальные удобства для разбивки и контроля положения центров опор, обеспечивать сохранность и незыблемость пунктов, учитывать технологию производства работ и очередность строительства.

Разбивочная сеть создается в период изысканий мостового перехода. В нее входят пункты, закрепляющие на местности ось моста, а также пункты, расположенные в стороне от оси.

Для мостов длиной более 100 м на пойме дополнительно закрепляют дублерную ось, параллельную основной.

Технические требования, объем и способы контроля геодезической разбивочной основы приведены в прил. 3 (п. 5.13 СП 46.13330.2012 [4]). Так, положениями СП 46.13330.2012 требуется определение координат пунктов разбивочной сети со средней квадратической погрешностью не более 6 мм относительно начала координат.

1.3.2. Система координат разбивочной сети мостовых переходов

Для геодезической сети моста принимают местную систему координат. За начало системы (начало координат) принимают пункт, обозначающий начало мостового перехода. Ось абсцисс направляют по оси перехода, ось ординат – перпендикулярно к ней. Для исключения отрицательных значений абсцисс и ординат к ним прибавляют некоторое одинаковое число (любое).

Координаты остальных пунктов определяют методами триангуляции, линейно-угловой сети, полигонометрии и реже трилатерации.

1.3.3. Методы построения геодезической сети моста

В **триангуляции** измеряют углы треугольников и длины базисных сторон. Базисы измеряют с такой точностью, чтобы в дальнейшем можно было считать их безошибочными.

Типовые схемы мостовых триангуляций показаны на рис. 1.3, где *AB* – ось мостового перехода, а двойными линиями обозначены базисы.

Базисы, расположенные на берегу, могут быть измерены мерными приборами. Светодальномером чаще измеряют более длинные стороны.

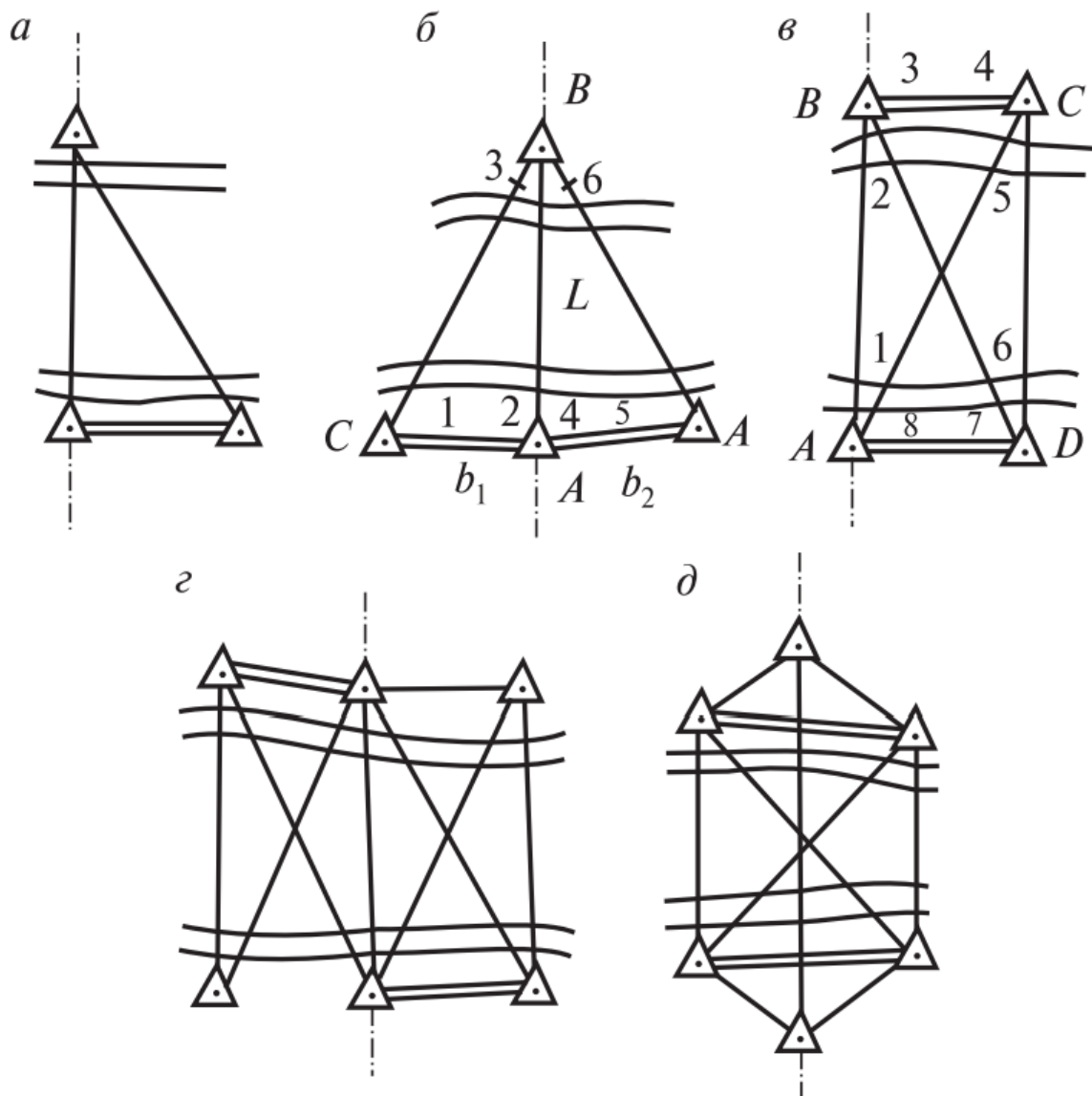


Рис. 1.3. Схемы мостовой триангуляции: *а, б* – треугольная; *в, г* – четырехугольная; *д* – геодезический четырехугольник

В **линейно-угловых сетях** (рис. 1.4) измеряют углы и стороны (не обязательно все). Длины неизмеренных сторон вычисляют как в триангуляции. В отличие от триангуляции измеренные расстояния не считаются безошибочными и в ходе уравнивания исправляют поправками.

Если из-за застройки, рельефа или растительности отсутствует видимость между пунктами, расположенными на одном берегу, по этим линиям измерений не выполняют и строят схемы полигонометрии, где измеряют все длины сторон и углы поворота.

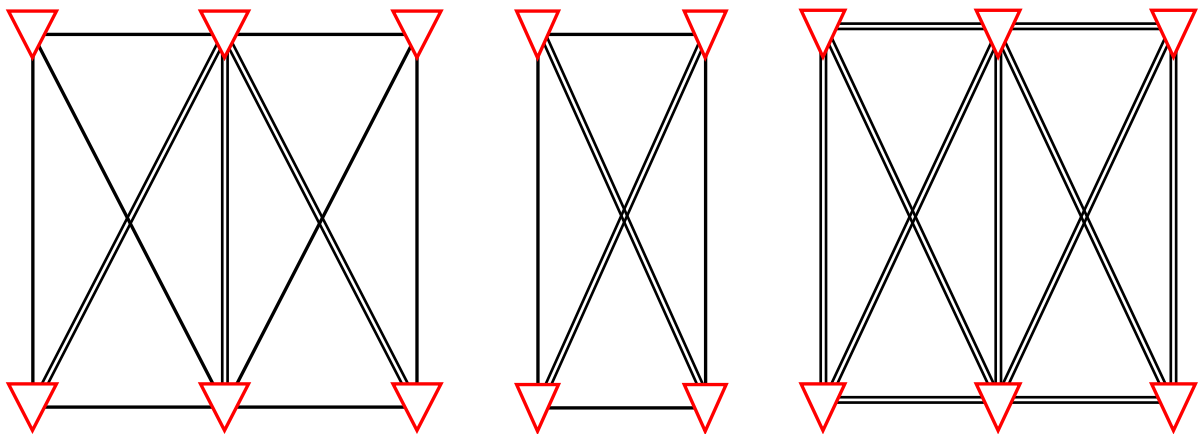


Рис. 1.4. Схемы разбивочных линейно-угловых мостовых сетей

Метод **полигонометрии** применяют также при строительстве моста на суходоле и мелководье. Замкнутый полигонометрический ход показан на рис. 1.5, *в*. Его стороны *CD* и *EF* параллельны оси моста *AB*, на них закреплены промежуточные точки для обеспечения разбивочных работ.

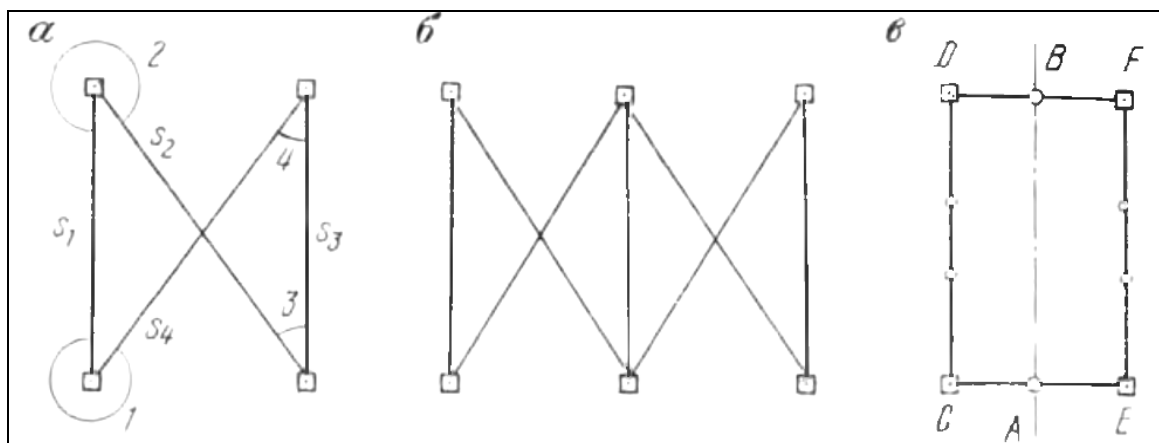


Рис. 1.5. Схемы мостовой полигонометрии

Для обеспечения необходимой точности определения координат пунктов длины сторон в разбивочных сетях измеряют со средними квадратическими погрешностями не более 6 мм, а базисы в 2...3 раза точнее.

Погрешности измерения углов не должны превосходить $6\rho/s$, где s – длина наибольшей стороны, мм; $\rho = 206265''$ – число секунд в радиане [24].

Точность измерения зависит от наклона рейки, поэтому учитывается угол между наклонно и вертикально установленной рейкой ε .

При малости угла ε можно принять

$$\cos \varepsilon = 1 - \frac{\varepsilon^2}{2\rho^2} \text{ или } \rho = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2(1 - \cos \varepsilon)}}, \quad (1.5), (1.6)$$

где $\rho = 3438'$ [24].

1.3.4. Обработка измерений в мостовой разбивочной сети

Задачей обработки измерений является вычисление координат пунктов сети, дирекционных углов и длин ее сторон. Сначала выполняют проверку журналов измерения углов и расстояний, правильность введения необходимых поправок, приведения направлений и расстояний к центрам пунктов. Определяют свободные члены (невязки) условных уравнений и соответствие их допускам. Затем уравнивают измерения, то есть распределяют полученные невязки и вычисляют координаты пунктов. Простые сети уравнивают, составляя и решая систему условных уравнений.

Виды условных уравнений. Условное уравнение фигуры для треугольника (рис. 1.5) с углами β_1, β_2 и β_3 будет

$$v_1 + v_2 + v_3 + w_\phi = 0, \quad (1.7)$$

где v_1, v_2 и v_3 – искомые поправки в углы; w_ϕ – свободный член уравнения (невязка);

$$w_\phi = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 - 180^\circ. \quad (1.8)$$

Условное уравнение горизонта. Если на пункте измерены углы $\beta_i, \beta_j, \beta_k$ между всеми смежными направлениями, то поправки к этим углам должны удовлетворять уравнению

$$v_i + v_j + v_k + w_2 = 0, \quad (1.9)$$

где

$$w_2 = \beta_i + \beta_j + \beta_k - 360^\circ. \quad (1.10)$$

Условное уравнение полюса возникает в геодезических четырехугольниках и центральных системах, где неизвестные длины сторон можно вычислить разными путями.

Для четырехугольника (рис. 1.5) уравнение имеет вид

$$c_1 v_1 + c_3 v_3 + c_5 v_5 + c_7 v_7 - c_2 v_2 - c_4 v_4 - c_6 v_6 - c_8 v_8 + w_n = 0, \quad (1.11)$$

где $c_i = \operatorname{ctg} \beta_i$ и

$$w_n = \rho \left(\frac{\sin \beta_1 \sin \beta_3 \sin \beta_5 \sin \beta_7}{\sin \beta_2 \sin \beta_4 \sin \beta_6 \sin \beta_8} - 1 \right). \quad (1.12)$$

Условное уравнение сторон возникает при измерении в сети каждой избыточной стороны (достаточным является значение одной).

Для четырехугольника (рис. 1.5) уравнение имеет вид

$$\frac{\rho}{b_1} v_{b_1} + \operatorname{ctg} \beta_7 v_7 + \operatorname{ctg} \beta_1 v_1 - \frac{\rho}{b_2} v_{b_2} - \operatorname{ctg} \beta_2 v_2 - \operatorname{ctg} \beta_4 v_4 + w_c = 0, \quad (1.13)$$

где

$$w_c = \rho \left(\frac{b_1 \sin \beta_7 \sin \beta_1}{b_2 \sin \beta_2 \sin \beta_4} - 1 \right). \quad (1.14)$$

Если длины сторон считают безошибочными, то слагаемые v_{b_1} и v_{b_2} опускают и уравнение носит название базисного.

Условные уравнения координат для замкнутого полигонометрического хода (рис. 1.5, а) имеют вид

$$\begin{aligned} \cos \alpha_1 v_{s_1} + \cos \alpha_2 v_{s_2} + \cos \alpha_3 v_{s_3} + \cos \alpha_4 v_{s_4} - \Delta y_{2-1} v_2 - \\ - \Delta y_{3-1} v_3 - \Delta y_{4-1} v_4 + f_x = 0, \end{aligned} \quad (1.15)$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha_1 v_{s_1} + \sin \alpha_2 v_{s_2} + \sin \alpha_3 v_{s_3} + \sin \alpha_4 v_{s_4} + \Delta x_{2-1} v_2 + \\ + \Delta x_{3-1} v_3 + \Delta x_{4-1} v_4 + f_y = 0, \end{aligned} \quad (1.16)$$

где $f_x = \sum \Delta x$; $f_y = \sum \Delta y$; Δx_{k-l} , Δy_{k-l} – приращения координат между пунктами l и k ; α_i – дирекционный угол i -й стороны.

Решение системы условных уравнений. Составляя систему условных уравнений, следят, чтобы отразить все геометрические условия в сети и не включать лишних уравнений, представляющих собой сумму, разность или иную линейную комбинацию других уравнений.

Необходимое число условных уравнений, равное числу избыточных измерений в сети, можно определить по формуле

$$r = n - 2p + 4, \quad (1.17)$$

где n – число измеренных углов; p – число пунктов в сети.

Решением системы уравнений находят поправки к результатам измерений.

При обработке сложных сетей решение выполняют по методу наименьших квадратов, используя соответствующее программное обеспечение. При этом отыскивают такие поправки к измерениям, сумма квадратов которых (с учетом весов) минимальна.

При обработке простых по форме сетей допускается применять упрощенное уравнивание, приводящее к приближенному решению.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ: ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Задание и исходные данные для выполнения расчетно-графической работы

Для обучающихся предусмотрено выполнение расчетно-графической работы на тему «Уравнивание простейшей разбивочной сети мостового сооружения приближенным методом».

Для разбивки опор моста построена сеть триангуляции в виде геодезического четырехугольника (рис. 2.1).

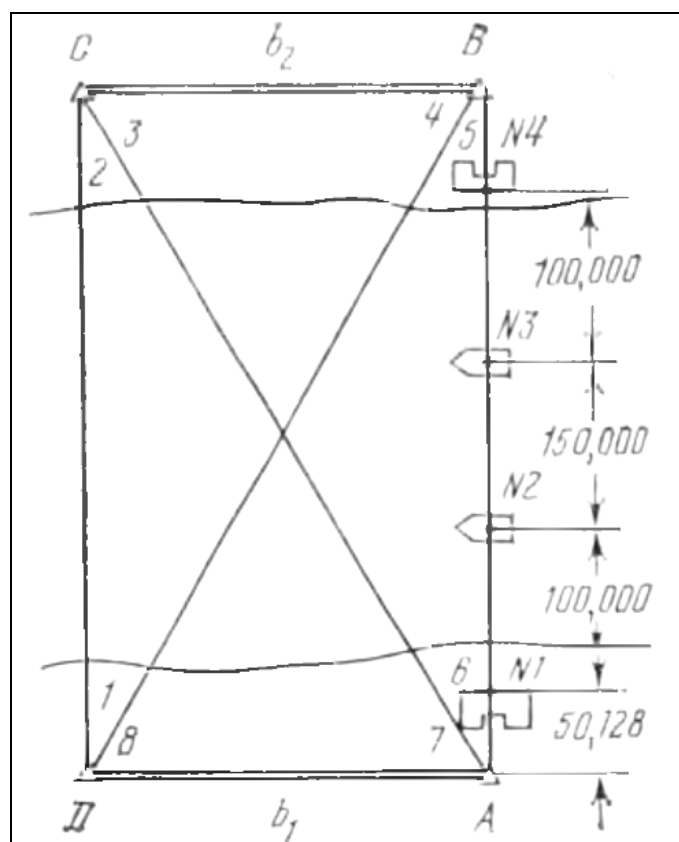


Рис. 2.1. Схема мостового сооружения и разбивочной сети опор моста

Координаты исходного пункта: $x_A = 1000,000$ м, $y_A = 1000,000$ м.

Дирекционный угол оси мостового сооружения $\alpha_{AB} = 0^\circ 00' 00,0''$.

В сети измерены углы 1 – 8 и базисы $b_1 = 442,595$ м и $b_2 = 444,892$ м.

Необходимые расстояния по оси моста показаны на рис. 2.1.

Требуется уравнивать выполненные измерения и вычислить длины и дирекционные углы сторон, координаты пунктов и разбивочные элементы для выноса в натуру центров опор моста.

Расчет проводится по примеру выполнения приближенного уравнивания разбивочной сети мостового сооружения (авторы – А. А. Визгин, В. А. Коугия, Л. С. Хренов) со следующими значениями измеренных углов: 1 – $39^{\circ}45'04''$; 2 – $41^{\circ}16'02''$; 3 – $56^{\circ}58'44''$; 4 – $42^{\circ}00'09''$; 5 – $39^{\circ}49'35''$; 6 – $41^{\circ}11'30''$; 7 – $43^{\circ}55'56''$; 8 – $55^{\circ}03'03''$ [24].

Указанные значения углов корректируются обучающимися по номеру учебного шифра:

– значение, равное предпоследней цифре учебного шифра, умноженное на 3, определяет количество секунд, которое надо прибавить для значений углов 1, 3, 5 и 7;

– значение, равное последней цифре учебного шифра, учебного шифра, умноженное на 4, определяет количество секунд, которое надо вычесть для значений углов 2, 4, 6 и 8.

При выполнении работы необходимо учесть, что при переводе секунд и минут в десятичные дроби необходимо делить на 60.

Например, необходимо перевести значение $39^{\circ}45'04''$ в десятичную дробь. Приводим последовательность расчетов:

- 1) $04''$ делим на 60 и получаем 0,066667 (результат в мин.);
- 2) $(45' + 0,066667)$ делим на 60 и получаем 0,751111 (результат в град.);
- 3) таким образом, значение $39^{\circ}45'04''$ будет выражено в десятичной дроби как $39,751111^{\circ}$.

2.2. Методика выполнения расчетно-графической работы

Общие рекомендации. Приближенное уравнивание разбивочной сети сооружения, заключающееся в том, что совместное решение условных уравнений заменяется отдельным, предусматривает следующую последовательность:

– решаются уравнения фигур, не имеющие общих неизвестных, при этом распределяется невязка каждой фигуры между ее углами;

– решаются прочие условные уравнения, при этом новые поправки ограничиваются условием – не нарушать ранее удовлетворенные уравнения.

Для облегчения вычислений новые поправки в разные углы принимают равными по модулю. Условные уравнения сторон не составляют. От каждой измеренной стороны в отдельности вычисляется длина мостового перехода, и из полученных значений принимается среднее, используемое затем для вычисления длин всех сторон сети.

Приведем пример выполнения приближенного уравнивания разбивочной сети мостового сооружения со значениями измеренных углов, указанными в п. 2.1.

Составление условных уравнений. Число условных уравнений определяется по формуле (1.17) при $n = 8$ и $p = 4$ будет

$$r = n - 2p + 4 = 8 - 2 \cdot 4 + 4 = 4.$$

При этом три условных уравнения – для фигуры, одно – для полюса. Составляем систему условных уравнений

$$\begin{cases} v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + w_1 = 0; \\ v_5 + v_6 + v_7 + v_8 + w_2 = 0; \\ v_1 + v_2 + v_7 + v_8 + w_3 = 0; \\ c_1 v_1 + c_3 v_3 + c_5 v_5 + c_7 v_7 - c_2 v_2 - c_4 v_4 - c_6 v_6 - c_8 v_8 + w_4 = 0, \end{cases} \quad (2.1)$$

Решение условных уравнений. Вычисления производятся в табличной форме (табл. 2.1) в следующей последовательности. Сначала вписываются измеренные углы (столбцы 1 и 2).

Суммируя углы и вычитая 180° , определяются невязки треугольников для первых двух условных уравнений $w_1 = -1''$ и $w_2 = +4''$, а затем первичные поправки к измеренным углам

$$v'_1 = v'_2 = v'_3 = v'_4 = -\frac{w_1}{4} = -\frac{-1''}{4} = 0,25'';$$

$$v'_5 = v'_6 = v'_7 = v'_8 = -\frac{w_2}{4} = -\frac{4''}{4} = -1,0''.$$

Округление поправок предусматривается до $0,1''$. При этом сумма поправок в треугольнике равнялась невязке с обратным знаком.

После исправления углов первичными поправками, определяется свободный член третьего условного уравнения – невязка треугольника с номерами углов 1, 2, 7, 8:

$$w_3 = 39^\circ 45' 04,2'' + 41^\circ 16' 02,2'' + 43^\circ 55' 55,0'' + 55^\circ 03' 02,0'' - 180^\circ = 3,4''.$$

Таблица 2.1

Приближенное уравнивание разбивочной сети мостового перехода

Номер угла i	Измеренный угол β_i	Поправка v'_i , угл. с	Угол, исправленный поправкой v'_i	Поправка v''_i , угл. с	Угол, исправленный поправкой v''_i	$c_i = \text{ctg } \beta_i$	Поправка v'''_i , угл. с	Уравненный угол
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	39°45'04"	+0,2"	39°45'04,2"	-0,8"	39°45'03,4"	1,20	+0,6"	39°45'04,0"
2	41°16'02"	+0,2"	41°16'02,2"	-0,9"	41°16'01,3"	1,14	-0,6"	41°16'00,7"
3	56°58'44"	+0,3"	56°58'44,3"	+0,8"	56°58'45,1"	0,65	+0,6"	56°58'45,7"
4	42°00'09"	+0,3"	42°00'09,3"	+0,9"	42°00'10,2"	1,11	-0,6"	42°00'09,6"
	179°59'59" $w_1 = -1''$		180°00'00"					
5	39°49'35"	-1,0"	39°49'34,0"	+0,8"	39°49'34,8"	1,20	+0,6"	39°49'35,4"
6	41°11'30"	-1,0"	41°11'29,0"	+0,9"	41°11'29,9"	1,14	-0,6"	41°11'29,3"
7	43°55'56"	-1,0"	43°55'55,0"	-0,8"	43°55'54,2"	1,04	+0,6"	43°55'54,8"
8	55°03'03"	-1,0"	55°03'02,0"	-0,9"	55°03'01,1"	0,70	-0,6"	55°03'00,5"
	180°00'04" $w_2 = +4''$		180°00'00" $w_3 = +3,4''$			$\sum c_i = 8,18$ $w_4 = -4,52''$		

Вторичные поправки определяются путем распределения невязки между углами треугольника, т. е.

$$v_1'' = v_2'' = v_7'' = v_8'' = -\frac{w_3}{4} = -\frac{3,4''}{4} = -0,85''.$$

Чтобы не нарушить первые два условия, такие же поправки, но с обратным знаком, следует ввести в углы 3, 4, 5, 6. Теперь суммы углов во всех треугольниках должны быть равны 180° .

Используя углы, исправленные вторичными поправками v_i'' , находят коэффициенты $c_i = \operatorname{ctg} \beta_i$ четвертого полюсного условного уравнения (столбец 7 табл. 2.1).

Свободный член вычисляют по формуле (1.12), т. е.

$$\begin{aligned} w_n &= \rho \left(\frac{\sin \beta_1 \sin \beta_3 \sin \beta_5 \sin \beta_7}{\sin \beta_2 \sin \beta_4 \sin \beta_6 \sin \beta_8} - 1 \right) = 206265'' \times \\ &\times \left(\frac{\sin(39^\circ 45' 03,4'') \sin(56^\circ 58' 45,1'') \sin(39^\circ 49' 34,8'') \sin(43^\circ 55' 54,2'')}{\sin(41^\circ 16' 01,3'') \sin(42^\circ 00' 10,2'') \sin(41^\circ 11' 29,9'') \sin(55^\circ 03' 01,1'')} - 1 \right) = \\ &= 206265'' \left(\frac{0,6394517 \cdot 0,8384728 \cdot 0,6404627 \cdot 0,6938007}{0,6595693 \cdot 0,6691674 \cdot 0,6585796 \cdot 0,8196554} - 1 \right) = -4,52''. \end{aligned}$$

Полагая третьи поправки равными, но имеющими разные знаки для углов с четными и нечетными номерами (тогда не изменится сумма углов ни в одном треугольнике), получим из четвертого условного уравнения следующее:

$$v'''(c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5 + c_6 + c_7 + c_8) + w_4 = 0. \quad (2.2)$$

Откуда

$$v_1''' = v_3''' = v_5''' = v_7''' = -\frac{w_4}{\sum c} = -\frac{-4,52''}{8,18} = 0,6'',$$

$$v_2''' = v_4''' = v_6''' = v_8''' = -0,6''.$$

Введя эти поправки, находят уравненные значения углов.

Вычисление длин сторон выполняют по формуле теоремы синусов

$$a = b \frac{\sin A}{\sin B}, \quad (2.3)$$

где A – угол треугольника, противолежащий определяемой стороне a ;
 B – угол треугольника, противолежащий исходной стороне b .

Вычислим длину моста из треугольников ADB и BCA (рис. 2.1)

$$AB = b_1 \frac{\sin \beta_8}{\sin \beta_5} = b_1 \frac{\sin(55^\circ 03' 00,5'')}{\sin(39^\circ 49' 35,4'')} = 442,595 \frac{0,819653}{0,640465} = 566,423 \text{ м};$$

$$AB = b_2 \frac{\sin \beta_3}{\sin \beta_6} = b_2 \frac{\sin(56^\circ 58' 45,7'')}{\sin(41^\circ 11' 29,3'')} = 444,892 \frac{0,838474}{0,658577} = 566,419 \text{ м};$$

среднее $AB = 566,421 \text{ м}$.

Опираясь на длину стороны AB , вычисляют по формуле синусов длины остальных сторон сети (табл. 2.2). Контролем правильности уравнивания и вычисления сторон служит совпадение (с точностью 0,002 м) длин сторон, вычисленных разными путями.

Вычисление координат пунктов. Задавшись исходным значением дирекционного угла $\alpha_{AB} = 0^\circ 00' 00,0''$, вычисляют последовательно дирекционные углы остальных сторон, используя уравненные углы.

При вычислении нового дирекционного угла к исходному углу прибавляют угол, изменяющий направление вправо, и из значения исходного угла вычитают значения угла, изменяющего направление влево.

Например,

$$\alpha_{AD} = \alpha_{AB} - (\beta_6 + \beta_7) = 0^\circ - 85^\circ 07' 24,1'' = 274^\circ 52' 35,9'';$$

$$\alpha_{BD} = \alpha_{BA} + \beta_5 = 180^\circ + 39^\circ 49' 35,4'' = 219^\circ 49' 35,4''.$$

Результаты расчета дирекционных углов вносят в табл. 2.2 (столбец 6) и в табл. 2.3. При этом в табл. 2.3 вносят вычисленные длины сторон и координаты пунктов A и B : $x_A = y_A = 1000,000 \text{ м}$; $x_B = x_A + AB = 1566,421 \text{ м}$; $y_B = 1000,000 \text{ м}$.

Таблица 2.2

Определение длин разбивочной сети мостового перехода

Номер угла i	Уравненный угол	Синус угла	Длина стороны, м	Сторона	Дирекционный угол
3	56°58'45,7"	0,838474	566,421	<i>AB</i>	0°00'00,0"
6	41°11'29,3"	0,658577	444,894	<i>BC</i>	261°49'45,0"
4+5	81°49'45,0"	0,989849	668,681	<i>AC</i>	318°48'30,7"
8	55°03'00,5"	0,819653	566,421	<i>AB</i>	0°00'00,0"
6+7	85°07'24,1"	0,996380	688,548	<i>BD</i>	219°49'35,4"
5	39°49'35,4"	0,640465	442,593	<i>AD</i>	274°52'35,9"
1+8	94°48'04,5"	0,996491	668,681	<i>AC</i>	318°48'30,7"
7	43°55'54,8"	0,693803	465,567	<i>DC</i>	0°04'31,4"
2	41°16'00,7"	0,659567	442,593	<i>AD</i>	274°52'35,9"

Таблица 2.3

Вычисление координат пунктов разбивочной сети мостового перехода

Показатели	Сторона <i>AD</i>	Сторона <i>BD</i>	Сторона <i>AC</i>	Сторона <i>BC</i>
α_{kn}	274°52'35,9"	219°49'35,4"	318°48'30,7"	261°49'45,0"
x_n , м	1037,625	1037,625	1503,191	1503,191
x_k , м	1000,000	1566,421	1000,000	1566,421
Δx , м	+37,627	-528,796	+503,191	-63,231
$\cos \alpha$	0,085010	0,767987	0,752513	0,142125
d , м	442,593	688,548	668,681	444,894
$\sin \alpha$	0,996380	0,640465	0,658577	0,989849
Δy , м	-440,991	-440,991	-440,378	-440,378
y_k , м	1000,000	1000,000	1000,000	1000,000
y_n , м	559,009	559,009	559,622	559,622
x_{cp} , м	1037,625		1503,190	
y_{cp} , м	559,009		559,622	

Координаты остальных пунктов вычисляют по формулам:

$$x_n = x_k + \Delta x; \quad \Delta x = d \cos \alpha; \quad y_n = y_k + \Delta y; \quad \Delta y = d \sin \alpha. \quad (2.4, 2.5, 2.6, 2.7)$$

Координаты для контроля вычисляют дважды разными путями. Из двух результатов (не должны различаться более, чем на 2 мм) принимают среднее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК (Использованная и рекомендуемая литература)

Библиографические записи оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.100–2018⁴ и ГОСТ 7.80–2000⁵. Библиографическое описание электронных ресурсов оформляется в соответствии с ГОСТ 7.82–2001⁶. Сокращения слов и словосочетаний на русском языке оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.12–2011⁷.

А. Стандарты, своды правил:

1. **ГОСТ 22268–76.** Геодезия. Термины и определения / Введен 1978–01–01; переизд. февраль 1980 г., изм. внесено 1981 г. – Москва : Изд-во стандартов, 1981. – 32 с.

2. **ГОСТ Р 55024–2012.** Сети геодезические. Классификация. Общие технические требования: Национальный стандарт Российской Федерации / Введен впервые: введен 2013-01-01 // Разработан ФГУП «Центральный НИИ геодезии, аэросъемки и картографии». – Москва : Стандартиформ, 2014. – класс III, 8 с.

3. **ГОСТ Р 59865–2022.** Дороги автомобильные общего пользования. Сети геодезические для проектирования и строительства. Общие требования : Национальный стандарт Российской Федерации / Введен впервые : введен 2022-04-01 // Разработан ООО «Инновационный технический центр». – Москва : ФГБУ «РСТ», 2022. – класс III, 36 с.

4. **СП 46.13330.2012.** Мосты и трубы : Свод правил, актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91 / Введен 2013–01–01, с изм. 1–4.

5. **СП 48.13330.2019.** Организация строительства : Свод правил, актуализированная редакция СНиП 12–01–2004 / Введен 2020–06–25. – Москва : Минстрой России, 2020. – класс IV, 93 с.

6. **СП 122.13330.2012.** Тоннели железнодорожные и автодорожные : Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 32-04-97 / Введен 2013–01–01 (с Изм. № 1).

⁴ ГОСТ Р 7.0.100–2018. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

⁵ ГОСТ 7.80–2000. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления.

⁶ ГОСТ 7.82–2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления.

⁷ ГОСТ Р 7.0.12–2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила.

7. СП 126.13330.2017. Геодезические работы в строительстве : Свод правил / Введен 2018–04–25. – Москва : Минстрой России, 2018. – класс III, 52 с.

Б. Производственно-отраслевые документы:

8. ВСН 5-81. Инструкция по разбивочным работам при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений : Ведомственные строительные нормы / Минавтодор РСФСР; Введен 1983–10–01. – Москва : Транспорт, 1983. – 105 с.

В. Словари, справочники:

9. Большаков, В. Д. Уравнивание геодезических построений : справ. пособие / В. Д. Большаков, Ю. И. Маркузе, В. В. Голубев. – Москва : Недра, 1989. – 413 с.

10. Дорожная терминология : справочник / М. И. Вейцман, Н. Ф. Хорошилов, Н. С. Беззубик [и др.]; под ред. М. И. Вейцмана. – Москва : Транспорт, 1985. – 310 с.

11. Справочник по геодезическим разбивочным работам / Г. В. Багратуни [и др.] – Москва : Недра, 1982. – 129 с.

12. Справочное пособие по прикладной геодезии / В. Д. Большаков [и др.]; под ред. В. Д. Большакова. – Москва : Недра, 1987. – 543 с.

13. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам / В. Д. Большаков и [др.]; под ред. В. Д. Большакова, Г. П. Левчука. – Москва : Недра, 1980. – 781 с.

Г. Научные труды, техническая информация:

14. Гаусс, Карл Фридрих. Геодезические исследования Гаусса, Бесселя и Ганзена / Изд. и пер. А. Тилло. – Санкт-Петербург, 1866. – 364 с.

15. Геодезические работы при строительстве мостов / В. А. Коугия [и др.]; под ред. В. А. Коугия. – Москва : Недра, 1986. – 248 с.

16. Кузин, Н. А. Практическое руководство по городской и инженерной полигонометрии / Н. А. Кузин, Н. Н. Лебедев. – Москва : Изд-во геодезической литературы, 1954. – 478 с.

17. Лукьянов, В. Ф. Расчеты точности инженерно-геодезических работ / В. Ф. Лукьянов. – Москва : Недра, 1981. – 285 с.

18. Мюллер, Г. Основы трассирования и разбивка автомобильных и железных дорог / Г. Мюллер; пер. с нем. В. А. Федотова. – Москва : Транспорт, 1990. – 239 с.

19. Пиотровский, Януш. Теория измерений для инженеров / Я. Пиотровский; пер. с польского Л. В. Левицкого; под ред. Р. Н. Овсянникова. – Москва : Мир, 1989. – 335 с.

20. Судаков, С. Г. Основные геодезические сети / С. Г. Судаков. – Москва : Недра, 1975. – 368 с.

21. Chandra, A. M. Surveying Problem Solving With Theory And Objective Type Questions. – New Delhi – Bangalore – Chennai – Cochin – Guwahati – Hyderabad – Jalandhar – Kolkata – Lucknow – Mumbai – Ranchi : New Age International, 2005. – 338 p.

Д. Неопубликованные документы – диссертация и автореферат диссертации:

22. Визгин, А. А. Вопросы исследования методов оценки точности и методов математической обработки высокоточных геодезических измерений : дис. ... д-ра техн. наук: 05.00.00 / Визгин Александр Александрович. – Новосибирск, 1964. – 248 с.

23. Визгин, А. А. Вопросы исследования методов оценки точности и методов математической обработки высокоточных геодезических измерений : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Визгин Александр Александрович. – Москва, 1966. – 36 с.

Е. Учебная и учебно-методическая литература:

24. Визгин, А. А. Практикум по инженерной геодезии : учеб. пособие для строит. спец. вузов ж.-д. трансп. / А. А. Визгин, В. А. Коугия, Л. С. Хренов. – Москва : Недра, 1989. – 285 с.

25. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы, исполнительные съемки и наблюдения за деформациями сооружений : учеб. пособие / Е. Б. Михаленко [и др.]. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 90 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Перечень принятых сокращений

- ГГС – государственная геодезическая сеть.
- ГНС – государственная нивелирная сеть.
- ГНСС – глобальная навигационная спутниковая система.
- ГРО – геодезическая разбивочная основа.
- ИССО – искусственное сооружение.
- КС – каркасная сеть.
- МГРО – мостовая геодезическая разбивочная основа.
- ОГС – опорная геодезическая сеть.
- ОЖГР – оперативный журнал геодезических работ.
- ПОС – проект организации строительства.
- ППГР – проект производства геодезических работ.
- ППР – проект производства работ.
- ППЦ – пункт принудительного центрирования.
- САД – строительство автомобильной дороги.
- СМР – строительно-монтажные работы.
- СРО – саморегулируемая организация.

Термины и определения

Абрис (недопустимый синоним – кроки) – схематический чертеж участка местности (п. 114 ГОСТ 22268–76).

Базис геодезический (краткая форма – базис) – линия, длина которой получена из непосредственных измерений и служит для определения длины стороны геодезической сети (п. 90 ГОСТ 22268–76).

Биссектриса кривой – отрезок прямой, соединяющий вершину угла поворота трассы с серединой кривой (п. 136 ГОСТ 22268–76).

Вставка трассы прямая (краткая форма – вставка прямая) – прямая часть оси трассы проектируемого сооружения, расположенная между двумя смежными круговыми или переходными кривыми (п. 129 ГОСТ 22268–76).

Вынос трассы в натуру – комплекс полевых изыскательских работ в составе инженерно-геодезических изысканий по проложению (трассированию) и закреплению на местности проектного положения оси мостового перехода (п. 3.2 ГОСТ 33179–2014).

Высота сечения рельефа (краткая форма – высота сечения) – заданное расстояние между соседними секущими уровенными поверхностями при изображении рельефа горизонтальными (п. 115 ГОСТ 22268–76).

Горизонталь – линия равных высот на карте (п. 116 ГОСТ 22268–76).

Журнал геодезических работ оперативный – основной дежурный журнал геодезической службы участка строительства объекта, утвержденный генподрядчиком, в котором подробно фиксируется вся полученная для производства работ проектная документация; ежедневно заполняются все виды выполненных (и обстоятельства, препятствующие реализации – выполнению) геодезических работ ответственными, квалифицированными сотрудниками геодезической службы (п. 3.17 ГОСТ Р 59865–2022).

Задача геодезическая обратная – определение длины и направления линии по данным координатам ее начальной и конечной точек (п. 63 ГОСТ 22268–76).

Задача геодезическая прямая – определение координат конечной точки линии по ее длине, направлению и координатам начальной точки (п. 62 ГОСТ 22268–76).

Засечка геодезическая (краткая форма – засечка) – определение

координат точки по элементам, измеренным или построенным на ней или на исходных пунктах (п. 80 ГОСТ 22268–76): *засечка комбинированная* – засечка, выполняемая на определяемой точке и с исходных пунктов (п. 83 ГОСТ 22268–76); *засечка обратная* – засечка, выполняемая на определяемой точке (п. 82 ГОСТ 22268–76); *засечка прямая* – засечка, выполняемая с исходных пунктов (п. 81 ГОСТ 22268–76).

Знак геодезический – устройство или сооружение, обозначающее положение геодезического пункта на местности (п. 71 ГОСТ 22268–76).

Изыскания инженерно-геодезические – комплекс топографических и геодезических работ, в процессе которых исследуется ситуация и рельеф на участке, где запланировано строительство (п. 3.15 ГОСТ 33179–2014).

Координаты геодезические прямоугольные плоские (краткая форма – «Координаты прямоугольные плоские») – прямоугольные координаты на плоскости, на которой отображена по определенному математическому закону поверхность земного эллипсоида (п. 42 ГОСТ 22268–76).

Координаты горизонтальные – топоцентрические координаты, одной из осей системы которых является отвесная линия или нормаль к поверхности земного эллипсоида, проходящие через данную точку (п. 44 ГОСТ 22268–76).

Координаты топоцентрические – координаты, началом счета которых является точка местности (п. 43 ГОСТ 22268–76).

Кривая трассы вертикальная (краткая форма – кривая вертикальная) – часть оси трассы проектируемого сооружения, представляющая собой кривую, лежащую в вертикальной плоскости (п. 130 ГОСТ 22268–76).

Кривая трассы круговая (краткая форма – кривая круговая) – часть оси трассы проектируемого сооружения, представляющая собой дугу окружности (п. 127 ГОСТ 22268–76).

Кривая трассы переходная (краткая форма – кривая переходная) – часть оси трассы проектируемого сооружения, представляющая собой кривую переменного радиуса (п. 128 ГОСТ 22268–76).

Марка центра геодезического пункта (краткая форма – марка) – деталь центра геодезического пункта, имеющая метку, к которой относят его координаты (п. 73 ГОСТ 22268–76).

Меридиан осевой – меридиан, принятый за ось какой-либо системы координат на поверхности (п. 60 ГОСТ 22268–76).

Мониторинг геодезических сетей сезонный – комплекс контрольно-измерительных и вычислительных работ, выполняемый не реже двух раз в год с целью определения точностных характеристик геодезических сетей относительно заявленных и возможностью их дальнейшего использования (п. 3.18 ГОСТ Р 59865–2022).

Нивелирование – определение превышений (п. 95 ГОСТ 22268–76); *нивелирование геометрическое* – нивелирование при помощи геодезического прибора с горизонтальной визирной осью (п. 96 ГОСТ 22268–76); *нивелирование тригонометрическое* – нивелирование при помощи геодезического прибора с наклонной визирной осью (п. 97 ГОСТ 22268–76).

Обоснование съемочное – геодезическая сеть, используемая для обеспечения топографических съемок. *Примечание:* данное понятие включает съемочную сеть и геодезические сети более высокого порядка (п. 108 ГОСТ 22268–76); *обоснование съемочное постоянное* – разновидность съемочной геодезической сети, состоящей из фиксированных на местности характерных точек капитальных зданий и сооружений, обеспечивающих в качестве пунктов планового и (или) высотного обоснования производство топографических съемок и разбивочных работ. Точками постоянного съемочного обоснования могут служить элементы ситуации (центры смотровых колодцев, углы кварталов, углы зданий, опоры линий электропередачи и т. п.) (п. 3.38 ГОСТ 33179–2014 [6]).

Обработка (результатов геодезических) измерений – технологический процесс, основную часть которого составляют операции по практическому применению методов вычислений к измерительной информации в целях взаимного согласования полученных данных и отображения результатов в виде, пригодном для каталогизации и/или дальнейшего использования потребителем или последующей обработки (п. 3.1.10 ОСТ 68-14-99).

Основа геодезическая – совокупность закрепленных на местности или сооружении геодезических пунктов, положение которых определено в общей для них системе координат (п. 3.4 СП 126.13330.2017).

Основа разбивочная геодезическая – геодезическая сеть пунктов долговременного закрепления, создаваемая на основе генерального плана и стройгенплана объекта строительства в подготовительный период силами генерального подрядчика (застройщика) или привлеченной организацией, имеющей допуск к данным видам работ от пунктов государственной геодезической сети, государственной нивелирной сети, каркасной сети, опорной геодезической сети в непосредственной

близости от строительной площадки для проведения полного цикла строительства автомобильной дороги (п. 3.14 ГОСТ Р 59865–2022).

Основа разбивочная геодезическая мостовая – геодезическая сеть пунктов долговременного закрепления для строительства, реконструкции и капитального ремонта искусственных сооружений, создаваемая на основе генерального плана и стройгенплана объекта строительства в непосредственной близости от строительной площадки, для проведения полного цикла работ на весь период строительства объекта (п. 3.15 ГОСТ Р 59865–2022).

Ось разбивочная – ось сооружения, по отношению к которой в разбивочных чертежах указываются данные для выноса в натуру сооружения или отдельных его частей (п. 147 ГОСТ 22268–76).

Ось трассы проектируемого сооружения (краткая форма – «Ось трассы») – ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности или нанесенная на графический документ (п. 126 ГОСТ 22268–76).

Отметка проектная (недопустимый синоним – отметка красная) – высота точки относительно исходного уровня, заданная проектом (п. 140 ГОСТ 22268–76).

Отметка фактическая (недопустимый синоним – отметка черная) – существующая высота точки относительно исходного уровня (п. 141 ГОСТ 22268–76).

Перенос проекта в натуру – технологический процесс, заключающийся в определении и закреплении на местности положения точек, осей и плоскостей запроектированного сооружения с заранее заданной точностью (п. 5.4.3 ОСТ 68-14-99).

Пикет съемочный (краткая форма – пикет) – точка, положение которой определяют относительно съемочной точки в процессе съемки данного участка местности (п. 111 ГОСТ 22268–76).

Пикет трассы (краткая форма – пикет) – точка оси трассы, предназначенная для закрепления заданного интервала (п. 138 ГОСТ 22268–76).

Пикетаж трассы (краткая форма – пикетаж) – система обозначения и закрепления точек трассы (п. 137 ГОСТ 22268–76).

Погрешности случайные – погрешности, для которых неизвестен характер их действий в каждом конкретном измерении; они подчиняются только статистическим закономерностям (п. 3.2 СП 126.13330.2017).

Погрешность предельная – погрешность, которая с заданной вероятностью не должна превышать по абсолютной величине погрешности результатов измерений (п. 3.13 СП 126.13330.2017).

Полигонометрия – метод построения геодезической сети путем измерения расстояний и углов между пунктами хода (п. 78 ГОСТ 22268–76).

Поправка – значение величины, вводимое в неисправленный результат измерений (п. 3.3 СП 126.13330.2017).

Превышение – разность высот точек (п. 94 ГОСТ 22268–76).

Привязка геодезическая – определение положения закрепленных на местности точек, зданий и их элементов в принятой системе координат и высот (п. 3.1 СП 126.13330.2017).

Привязка объекта планово-высотная (к пунктам государственной геодезической сети) – технологический процесс, основным содержанием которого являются геодезические работы с целью определения координат и высот пунктов сети объекта специальных работ в системе координат государственной сети (п. 5.4.7 ОСТ 68-14-99).

Проект производства геодезических работ – документ, разрабатываемый генподрядчиком (застройщиком) или проектной организацией, в котором прописывается технология производства инженерно-геодезических работ в период строительства работ на основании технического задания (п. 3.16 ГОСТ Р 59865–2022).

Проложение горизонтальное – длина проекции линии на горизонтальную плоскость (п. 58 ГОСТ 22268–76).

Профиль местности (краткая форма – профиль) – проекция следа сечения местности вертикальной плоскостью, проходящей через две точки на эту плоскость (п. 124 ГОСТ 22268–76).

Профиль трассы поперечный (краткая форма – профиль поперечный, недопустимый синоним – поперечник) – профиль местности по линии, перпендикулярной к оси трассы проектируемого сооружения (п. 132 ГОСТ 22268–76).

Профиль трассы продольный (краткая форма – профиль продольный) – профиль местности по оси трассы проектируемого сооружения (п. 131 ГОСТ 22268–76).

Пункт геодезический – пункт геодезической сети. *Примечание:* геодезическому пункту может быть присвоено название, характеризующее метод определения его положения, например пункт триангуляции (п. 70 ГОСТ 22268–76).

Пункт геодезический временного закрепления – геодезический пункт (деревянный столб, отрезок металлической трубы, уголка и т. д.), метод закрепления которого обеспечивает сохранность центра (при условии отсутствия умышленных разрушающих воздействий), а также неизменность его координат и/или отметки в пределах точно-

сти геодезической сети, к которой он относится, на период выполнения полевых работ (включая их приемку) (п. 3.4 СП 47.13330.2016).

Пункт геодезический долговременного закрепления – геодезический пункт (грунтовый, стенной, скальный, закрепленный на пнях свежесрубленных деревьев, обечайках смотровых люков колодцев подземных коммуникаций, оголовках труб и других элементах фундаментальных конструкций и т. д.), метод закрепления которого обеспечивает сохранность центра (при условии отсутствия умышленных разрушающих воздействий), а также неизменность его координат и/или отметки в пределах точности геодезической сети, к которой он относится, на период, предусмотренный заданием и/или программой выполнения инженерных изысканий (п. 3.2 СП 47.13330.2016).

Пункт геодезический исходный (краткая форма – пункт исходный, недопустимый синоним – пункт твердый) – геодезический пункт, относительно которого определяются соответствующие характеристики положения других геодезических пунктов (п. 85 ГОСТ 22268–76).

Пункт геодезический постоянного закрепления – геодезический пункт (грунтовый, стенной, скальный), способ закрепления которого обеспечивает сохранность центра (при отсутствии умышленных разрушающих воздействий), а также неизменность его координат и/или отметки (в пределах точности геодезической сети, к которой он относится) на весь период сохранения ненарушенного состояния участка местности или объекта, на котором он установлен (п. 3.3 СП 47.13330.2016).

Работы (геодезические) при строительстве [монтаже оборудования] – производственный процесс, заключающийся в создании опорной геодезической сети необходимой точности, переносе в натуру осей сооружения [оборудования] и отметок, проведении исполнительной съемки (п. 5.2.4 ОСТ 68-14-99).

Работы (геодезические) прикладные – технологические процессы, заключающиеся в выполнении специальных геодезических работ для создания инженерных сооружений или с целью их исследования (п. 3.2.10 ОСТ 68-14-99).

Работы (геодезические [топографические]) камеральные – технологические процессы геодезического [топографического] производства, осуществляемые в производственных помещениях (п. 3.1.9 ОСТ 68-14-99).

Работы (геодезические [топографические]) полевые – технологические процессы геодезического [топографического] производства, осуществляемые на местности (п. 3.1.8 ОСТ 68-14-99).

Разбивка кривой детальная – вынос точек кривой на местность через заданные интервалы (п. 133 ГОСТ 22268–76).

Редуцирование строительной сетки – перемещение на местности пунктов строительной геодезической сетки в положение, заданное проектом (п. 146 ГОСТ 22268–76).

Репер нивелирный (краткая форма – репер) – геодезический знак, закрепляющий пункт нивелирной сети. *Примечание:* в собственном названии репера может быть отражено место закладки (например, грунтовый репер) и особенности закладки (например, фундаментальный репер) (п. 74 ГОСТ 22268–76).

Различают **постоянные** реперы, которые располагают на расстоянии 15...30 км друг от друга, и **временные**, которые располагают через 1...3 км [10]: *репер глубинный* – нивелирный репер специальной конструкции (основание которого устанавливается на плотные динамически устойчивые грунты), служащий высотной геодезической основой для выполнения геодезических наблюдений за деформациями зданий, сооружений и земной поверхности (п. 3.9 ГОСТ 33179–2014); *репер грунтовый* – нивелирный репер, основание которого устанавливается ниже глубины промерзания, оттаивания или перемещения грунта, служащей в качестве высотной геодезической основы при создании (развитии) геодезических сетей (п. 3.10 ГОСТ 33179–2014); *репер стенной (марка)* – нивелирный репер, устанавливаемый на несущих конструкциях капитальных зданий и сооружений (п. 3.51 ГОСТ 33179–2014).

Репрезентативность пункта наблюдений – степень представительности того или иного пункта наблюдений в отношении изучаемого элемента как с точки зрения соответствия данного пункта наблюдений предъявляемым требованиям, так и с точки зрения отражения условий, характерных для более или менее значительных территорий (п. 3.35 СП 47.13330.2016).

Сетка геодезическая строительная (краткая форма – сетка строительная) – геодезическая сеть в виде системы квадратов или прямоугольников, ориентированных параллельно большинству разбивочных осей сооружений (п. 145 ГОСТ 22268–76).

Сеть геодезическая – сеть закрепленных точек земной поверхности, положение которых определено в общей для них системе геодезических координат (п. 64 ГОСТ 22268–76).

Сеть базисная – система треугольников, служащая для перехода от длины геодезического базиса к длине стороны триангуляции тригонометрическим способом (п. 91 ГОСТ 22268–76).

Сеть геодезическая государственная – геодезическая сеть, обеспечивающая распространение координат на территорию государства и являющаяся исходной для построения других геодезических сетей (п. 67 ГОСТ 22268-76, п. 3.9 ГОСТ Р 59865–2022).

Сеть каркасная – геодезическая сеть пунктов долговременного закрепления, создаваемая на основе генерального плана и стройгенплана объекта строительства в подготовительный период силами генерального подрядчика (застройщика) или привлеченной организацией, имеющей допуск к данным видам работ, служащая весь период строительства каркасом для определения и восстановления геодезической разбивочной основы в случае частичной или полной ее утраты (п. 3.13 ГОСТ Р 59865–2022).

Сеть нивелирная – геодезическая сеть, высоты пунктов которой над уровнем моря определены геометрическим нивелированием (п. 66 ГОСТ 22268–76); *сеть нивелирная государственная* – единая система высот на территории Российской Федерации, которая является высотной основой всех топографических съемок и инженерно-геодезических работ, выполняемых для удовлетворения потребностей экономики, науки и обороны страны; разделяется по классу точности на нивелирные сети классов I, II, III и IV (п. 3.10 ГОСТ Р 59865–2022).

Сеть опорная геодезическая – геодезическая сеть пунктов долговременного закрепления, создаваемая в процессе проведения инженерных изысканий на стадии разработки проектной документации силами проектной организации или привлеченной организацией, имеющей допуск к данным видам работ и служащая геодезической основой для обоснования проектной подготовки строительства, выполнения топографических съемок, обеспечения других видов изысканий, а также выполнения стационарных геодезических работ и исследований (п. 3.12 ГОСТ Р 59865–2022).

Сеть разбивочная – геодезическая сеть, создаваемая для перенесения проекта в натуру (п. 144 ГОСТ 22268–76).

Сеть сгущения геодезическая (краткая форма – сеть сгущения) – геодезическая сеть, создаваемая в развитие геодезической сети более высокого порядка. *Примечание:* частным случаем геодезических сетей сгущения являются сети, представляющие собой связующее звено между государственной геодезической сетью и съемочными сетями (п. 68 ГОСТ 22268–76).

Сеть специального назначения геодезическая – разновидность опорной геодезической сети, требования к построению которой (плотность, точность определения планового и/или высотного положения, способ закрепления пунктов на местности) обосновываются для конкретного объекта капитального строительства в программе инженерно–геодезических изысканий (п. 3.1 СП 47.13330.2016).

Сеть съёмочная геодезическая (краткая форма – сеть съёмочная) – геодезическая сеть сгущения, создаваемая для производства топографической съёмки (п. 69 ГОСТ 22268–76).

Система спутниковая навигационная глобальная – навигационная спутниковая система, предназначенная для определения пространственных координат, составляющих вектора скорости движения, поправки показаний часов и скорости изменения поправки показаний часов потребителя ГНСС в любой точке на поверхности Земли, акватории Мирового океана, воздушного и околоземного космического пространства (ст. 1 ГОСТ Р 52928–2010, п. 3.19 ГОСТ Р 59865–2022).

Система координат местная – условная система координат, устанавливаемая в отношении ограниченной территории, не превышающей территорию субъекта Российской Федерации начало отсчета координат и ориентировка осей координат которой смещены по отношению к началу отсчета координат и ориентировке осей координат единой государственной системы координат, используемой при осуществлении геодезических и картографических работ (п. 3.11 ГОСТ Р 59865–2022).

Создание опорной (геодезической) сети (на объекте) – технологический процесс, основное содержание которого составляет определение координат и высот пунктов специально спроектированной геодезической сети на объекте в выбранной координатной системе (п. 5.4.1 ОСТ 68-14-99).

Сооружение искусственное – сложное транспортное сооружение: мост, эстакада, транспортная развязка, путепровод, экодук, надземный пешеходный переход, скотопроегон (п. 3.8 ГОСТ Р 59865–2022).

Створ – вертикальная плоскость, проходящая через две данные точки (п. 150 ГОСТ 22268–76).

Сторона базисная – сторона треугольника триангуляции, длина которой определена из непосредственных измерений и служит исходной для определения длин других сторон (п. 92 ГОСТ 22268–76).

Сторона геодезическая сети исходная (краткая форма – сторона исходная, недопустимый синоним – сторона твердая) – сторона геодезической сети с заданным направлением и длиной, относительно

которой определяются эти характеристики других сторон (п. 86 ГОСТ 22268–76).

Сторона треугольника триангуляции выходная (краткая форма – сторона выходная) – сторона треугольника триангуляции, длина которой определена из базисной сети (п. 93 ГОСТ 22268–76).

Съемка исполнительная – процесс, основным содержанием которого является определение фактического положения строительных конструкций и технологического оборудования относительно разбивочных осей (п. 3.5 СП 126.13330.2017).

Съемка тахеометрическая – топографическая съемка, выполняемая при помощи тахеометра (п. 105 ГОСТ 22268–76).

Съемка теодолитная – топографическая съемка, выполняемая при помощи теодолита и мер длины или дальномеров (п. 106 ГОСТ 22268–76).

Съемка топографическая (краткая форма – съемка) – комплекс работ, выполняемых с целью получения съемочного оригинала топографической карты или плана, а также получение топографической информации в другой форме (п. 3.54 ГОСТ 33179–2014, п. 104 ГОСТ 22268–76).

Тангенс кривой – отрезок прямой, соединяющий вершину угла поворота трассы с началом или концом кривой (п. 135 ГОСТ 22268–76).

Точка съемочная – точка, с которой выполняют съемку данного участка местности (п. 109 ГОСТ 22268–76).

Точка съемочная переходная (краткая форма – точка переходная) – съемочная точка, положение которой получают относительно точек съемочного обоснования непосредственно в процессе съемки данного участка местности (п. 110 ГОСТ 22268–76).

Точки кривой главные – точки начала, конца и середины кривой трассы (п. 134 ГОСТ 22268–76).

Трасса – условная линия, которая определяет ось линейного сооружения (трубопровода, кабеля, др.), соответствующая проектному положению на местности (п. 3.38 СП 47.13330.2016); *трасса тоннеля* – линия, отображающая положение оси тоннеля в пространстве (п. 3.51 СП 122.13330.2012).

Трассирование геодезическое (краткая форма – трассирование) – комплекс геодезических работ по проложению трассы (п. 125 ГОСТ 22268–76).

Трассирование полевое – комплекс полевых изыскательских работ в составе инженерных изысканий по проложению (трассированию) на местности оси линейного сооружения (п. 3.2 ГОСТ 33154–2014).

Триангуляция – метод построения геодезической сети в виде треугольников, в которых измерены их углы и некоторые из сторон (п. 77 ГОСТ 22268–76).

Трилатерация – метод построения геодезической сети в виде треугольников, в которых измерены все их стороны (п. 79 ГОСТ 22268–76).

Угол вертикальный – угол, лежащий в вертикальной плоскости (п. 48 ГОСТ 22268–76).

Угол горизонтальный – двугранный угол, ребро которого образовано отвесной линией, проходящей через данную точку (п. 47 ГОСТ 22268–76).

Угол дирекционный – угол между проходящим через данную точку направлением и линией, параллельной оси абсцисс, отсчитываемый от северного направления оси абсцисс по ходу часовой стрелки (п. 59 ГОСТ 22268–76).

Уравнивание (уравновешивание) – обработка результатов измерений, заключающаяся в нахождении в оптимальном смысле оценок измеренных величин или их функций, устраняющая несогласованности между результатами измерений и функциями этих результатов, а также обеспечивающая оценку точности измеренных величин и их функций (п. 3.1.11 ОСТ 68-14-99).

Ход геодезический (краткая форма – ход) – геодезическое построение в виде ломаной линии. *Примечание:* геодезические ходы классифицируют по виду применяемых приборов (например, тахеометрический ход, нивелирный ход); по геометрическим особенностям (например, замкнутый ход) (п. 84 ГОСТ 22268–76).

Центр геодезического пункта (краткая форма – центр) – устройство, являющееся носителем координат геодезического пункта (п. 72 ГОСТ 22268–76).

Чертеж исполнительный – отчетный документ, определяющий назначение, характеристики, фактическое планово-высотное положение построенной или реконструированной подземной сети инженерно-технического обеспечения (п. 3.6 СП 126.13330.2017).

Чертеж разбивочный – чертеж, содержащий все необходимые данные для перенесения отдельных элементов сооружения в натуру (п. 143 ГОСТ 22268–76).

Приложение 3

Технические требования, объем и способы контроля ГРО при сооружении автодорожных мостовых сооружений

Приведена выдержка из п. 5.13 СП 46.13330.2012

Технические требования		Контроль	Метод или способ контроля
1. Число пунктов ГРО для мостов длиной более 300 м, вантовых мостов, мостов на кривой, мостов с опорами высотой более 15 м, а также при зеркале водотока более 100 м принимается в соответствии с проектом ГРО ППГР		каждого пункта	Измерительный (геодезические измерения при приемке ГРО)
2. Число реперов и пунктов плановой ГРО	труб и мостов длиной до 50 м – 2 репера и не менее 3 плановых пунктов с взаимной видимостью	каждого Репера и пункта	Измерительный (геодезические измерения при приемке ГРО)
	мостов длиной от 50 до 100 м – 3 репера и не менее 3 плановых пунктов с взаимной видимостью		
	мостов длиной от 100 до 300 м – по 3 репера и не менее 3 плановых пунктов на каждом берегу с наличием видимости не менее двух направлений между берегами		
	мостов длиной более 300 м, вантовых мостов, мостов на кривой и мостов с опорами высотой более 15 м – не менее 3 реперов и 3 плановых пунктов на каждом берегу и не менее 3 направлений между берегами		
	трасс подходов – не менее 2 реперов и 2 пунктов на 1 км трассы		
3. Средние квадратические погрешности	координат пунктов плановой геодезической основы – 6	всех пунктов плановой геодезической основы	Измерительный (уравнивание плановой геодезической основы)
	отметок реперов на берегах и опорах: постоянных – 3, временных – 5	всех реперов	Измерительный (геометрическое или тригонометрическое нивелирование с использованием электронных тахеометров)

Примечание.

1. При расположении трассы подхода на кривой должны быть закреплены: начало и конец кривой, биссектриса и вершина угла поворота трассы.
2. Реперы следует устанавливать на расстоянии не более 80 м от оси, но за пределами земляного полотна, резервов, водоотводов и т. п.
3. Для наблюдения за перемещением и деформацией опор моста, если это предусмотрено ППГР, необходимо заложить не менее двух деформационных марок в каждую стойку опоры.
4. Плановые и высотные пункты ГРО, закрепленные знаками длительной сохранности, следует совмещать.

Приложение 4

Предельные отклонения и методы операционного контроля параметров конструкции и производства СМР при сооружении тоннелей на автомобильных дорогах

Приведена выдержка из табл. А.1 прил. А (обязательное) СП 122.13330.2012

Вид работ, контролируемый параметр или техническое требование, единица измерения		Величина параметра, предельные отклонения	Контроль (метод, объем, вид регистрации)	
1		2	3	
Проходческие работы				
1. Смещение оси тоннеля или притоннельного подземного сооружения в плане и по профилю, мм		± 50	Измерительный, каждая заходка, журнал маркшейдерских работ	
2. Положение оси вентиляционного ствола		1:20000 глубины ствола		
3. Переборы грунта (мм) ⁸ против проектного поперечного профиля выработки при разработке грунта механизированным способом	роторным исполнительным органом	+50	Измерительный, каждая заходка, журнал горных работ, журнал маркшейдерских работ	
	исполнительным органом избирательного действия, а также при проходке тоннеля (перед чертой), ствола и штольни (за чертой), буровзрывным способом в грунтах с пределом прочности на одноосное сжатие, МПа	$\sigma_{сж} < 40$		+100/+75
		$\sigma_{сж} = 40 \dots 120$		+150/+75
	$\sigma_{сж} > 120$	+200/+100		
при выравнивании контура выработки ручным инструментом		+50		
4. Величина оставляемых в пределах сечения монолитной бетонной обделки выступов скального грунта (по нормали к поверхности обделки), превышающего по прочности на сжатие прочность бетона в 1,5 раза и более, мм		100	Измерительный, в отдельных случаях, журнал горных работ	
5. Наличие следа шпуров на части обнажившейся поверхности грунта в выработке при контурном взрывании, %		не менее 75	Измерительный, каждая заходка, журнал горных работ	
6. Суммарное расхождение осей в плане и профиле при проходке тоннеля или штольни встречными забоями при длине до 3 км, мм		± 100	Измерительный, каждая сбойка, журнал маркшейдерских работ	
7. ⁹				

⁸ Примечание в СП 122.13330.2012. Переборы при разработке лотковой части профиля в нескальных грунтах не допускаются.

⁹ Примечание автора. Пункт не приводится: не отвечает теме настоящего издания.

1	2	3		
Устройство котлованов при открытом способе работ				
8. Положение свай на уровне дна котлована, мм	± 150	Измерительный, каждая свая, шпунтина, каждый расстрел, анкер, нагель, журнал маркшейдерских работ		
9. Положение расстрелов, анкеров и нагелей в плане и по высоте, мм	± 100			
10. Отклонение ширины берм у стен разрабатываемого котлована, мм	± 100	Измерительный, каждая захватка, журнал маркшейдерских работ		
11. Отметка дна котлована при планировке вручную, мм	± 10			
12. Вертикальность стенок траншеи при методе «стена в грунте»	$\pm 0,01$ глубины траншеи			
Устройство монолитной бетонной и железобетонной обделок тоннелей, вентиляционного ствола				
13. Внутренние размеры (в свету) монолитной бетонной и железобетонной обделок тоннелей любого очертания, мм	± 50	Измерительный, каждая секция, журнал маркшейдерских работ		
14. Несовпадение внутренних поверхностей примыкающих участков бетонирования монолитной обделки (уступы), мм	20			
15. Местные неровности монолитного бетона при проверке двухметровой рейкой (при криволинейной поверхности – по образующей), мм	в пределах секции бетонирования при набрызг-бетонировании		5	
	15			
16. Отклонение от проектного положения оси и по высоте арки, используемой в качестве элемента постоянной обделки, мм	± 20	Измерительный, каждая арка, журнал маркшейдерских работ		
17. Отклонение в расстоянии между арками L , используемыми в качестве элементов постоянной обделки	$\pm 0,05 L$			
18. Отклонение в расстоянии между анкерами L , используемыми для постоянного крепления выработки	$\pm 0,1 L$	Измерительный, каждый анкер, журнал маркшейдерских работ		
19. Отклонение стенок монолитной обделки шахтного ствола по радиусу от центра ствола, мм	± 25			
20. Величина уступов на контактах смежных заходок вентиляционного ствола с монолитной обделкой, мм	30	журнал маркшейдерских работ		
Монтаж сборных обделок кругового или криволинейного очертания				
21. Отклонение по радиусу от оси тоннеля или притоннельного сооружения, мм	металлической обделки при диаметре или линейных размерах	до 6 м	± 15	Измерительный, каждое кольцо, журнал маркшейдерских работ
		более 6 м	± 25	
	железобетонной обделки при диаметре или линейных размерах	до 6 м	± 25	
		более 6 м	± 50	

1		2	3	
22. Смещение плоскости колец, мм ¹⁰	металлической обделки при диаметре или линейных размерах	до 6 м	± 15	Измерительный, каждое кольцо, журнал маркшейдерских работ
		более 6 м	± 25	
	железобетонной обделки при диаметре или линейных размерах	до 6 м	± 25	
		более 6 м	± 50	
Монтаж сборных обделок прямоугольного очертания				
23. Отклонение отметок верха лотковых блоков, мм	для тоннелей		-10, +20	Измерительный, каждый элемент, журнал маркшейдерских работ
	для штолен и прочих сооружений		± 20	
24. Отклонение положения лотковых блоков в плане, мм			± 25	
25. Отклонение отметок нижних поверхностей плит перекрытий, мм	над проезжей частью		+20, -10	
	на прочих участках		± 20	
26. Отклонение в расстояниях между осями стеновых блоков, колонн, ригелей, плит перекрытия, мм			± 20	
27. Положение оси фундаментного блока в плане, мм			± 10	
28. Отметка дна стакана фундаментного блока, мм			-20	
29. Отклонение колонн и стеновых блоков от вертикали			0,002 высоты элемента, но не более ± 25 мм	
30. Допуски на положение опускной секции подводного тоннеля после окончания опускания (погружения), мм	в плане и профиле для первой и второй секций		± 10	Измерительный, каждая секция, протоколы по опусканию секций, журнал маркшейдерских работ
	в плане и профиле для остальных секций		± 50	

Примечание.

1. Арматурные, опалубочные и бетонные работы, защиту тоннельных конструкций от коррозии и вредных воздействий окружающей среды выполняют, руководствуясь соответствующими строительными нормами и правилами.

2. Производство неуказанных СМР, проходку тоннелей и других подземных сооружений с применением специальных способов (замораживание, водопонижение, дренаж, инъекционное укрепление грунтов и др.), нагнетание растворов за тоннельную обделку, набрызг-бетонирование, герметизацию стыков и отверстий сборной тоннельной обделки при закрытом способе строительства, гидроизоляцию тоннелей, сооружаемых открытым способом, геодезическо-маркшейдерские работы выполняют в соответствии с действующими нормативными и рекомендательными документами отраслей, ведомств, фирм или других организаций

¹⁰ Примечание в СП 122.13330.2012. Требование не относится к водонепроницаемым тоннельным обделкам, воспринимающим давление воды более 1 атм., для которых степень точности сборки устанавливается специально составленными техническими условиями.

Приложение 5

Образцы составления документации закрепления пунктов ОГС, ГРО, МГРО, КС

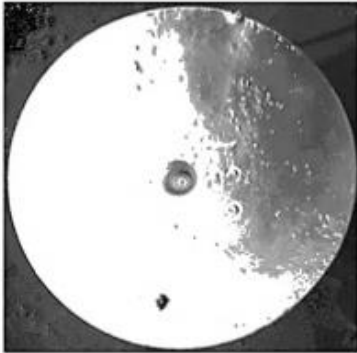
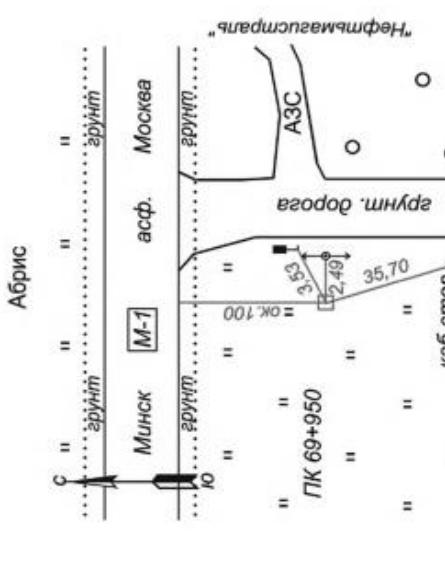
<p>(Наименование организации)</p>	<p>Объект:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>(наименование, номер знака)</p>	<p>Тип центра</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Дата закладки</p> <p>_____</p> <p>Фото центра</p> 	<p>Абрис</p> 	<p>Фото расположения пункта</p> <p>_____</p> <p>(фото расположения пункта)</p> <p>Чертеж конструкции центра пункта</p> <p>_____</p> <p>(чертеж конструкции центра пункта)</p>
<p>Навигационны координаты</p> <p>Широта: _____</p> <p>Долгота: _____</p>	<p>Описание местоположения пункта:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Карточку составил:</p> <p>_____</p> <p>(подпись, инициалы, фамилия)</p> <p>Проверил инженер:</p> <p>_____</p> <p>(подпись, инициалы, фамилия)</p>

Рис. П.5.1. Образец составления карточек геодезических пунктов (рис. Б.1 прил. Б (рекомендуемое) ГОСТ Р 59865–2022)

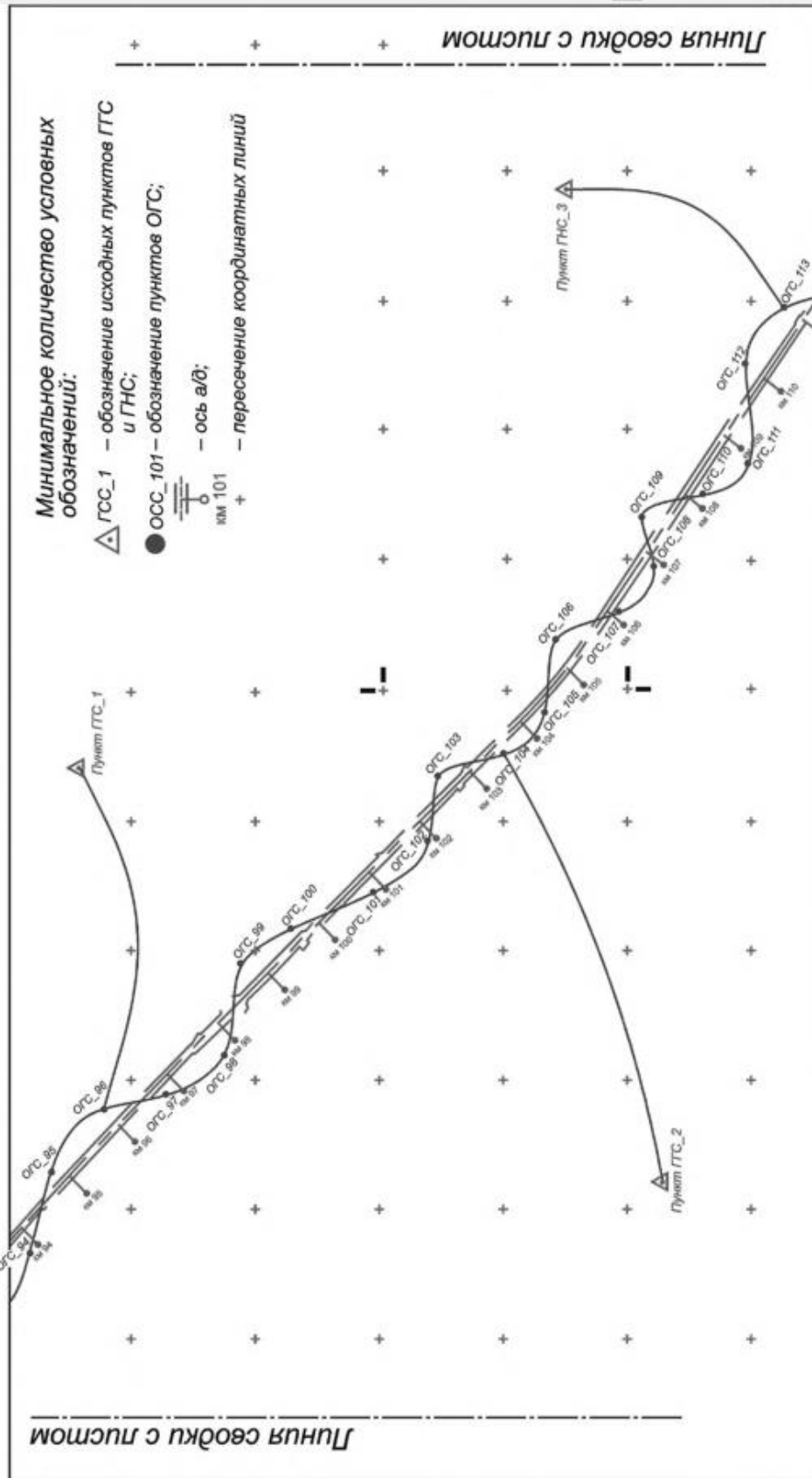


Рис. П.5.2. Образец схемы расположения пунктов ГГС, ГНС и ОГС (рис. В.1 прил. В (рекомендуемое) ГОСТ Р 59865–2022)

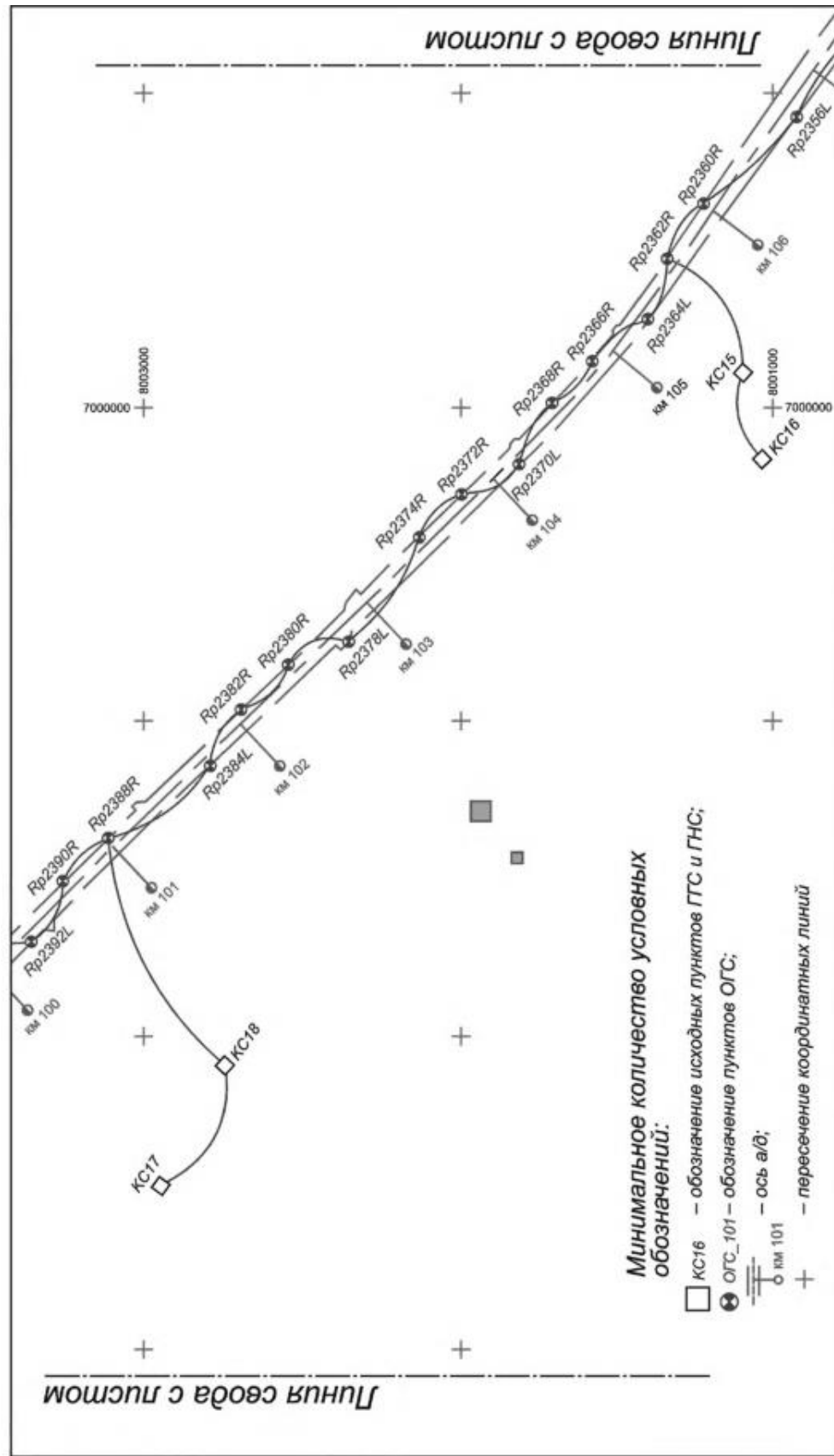
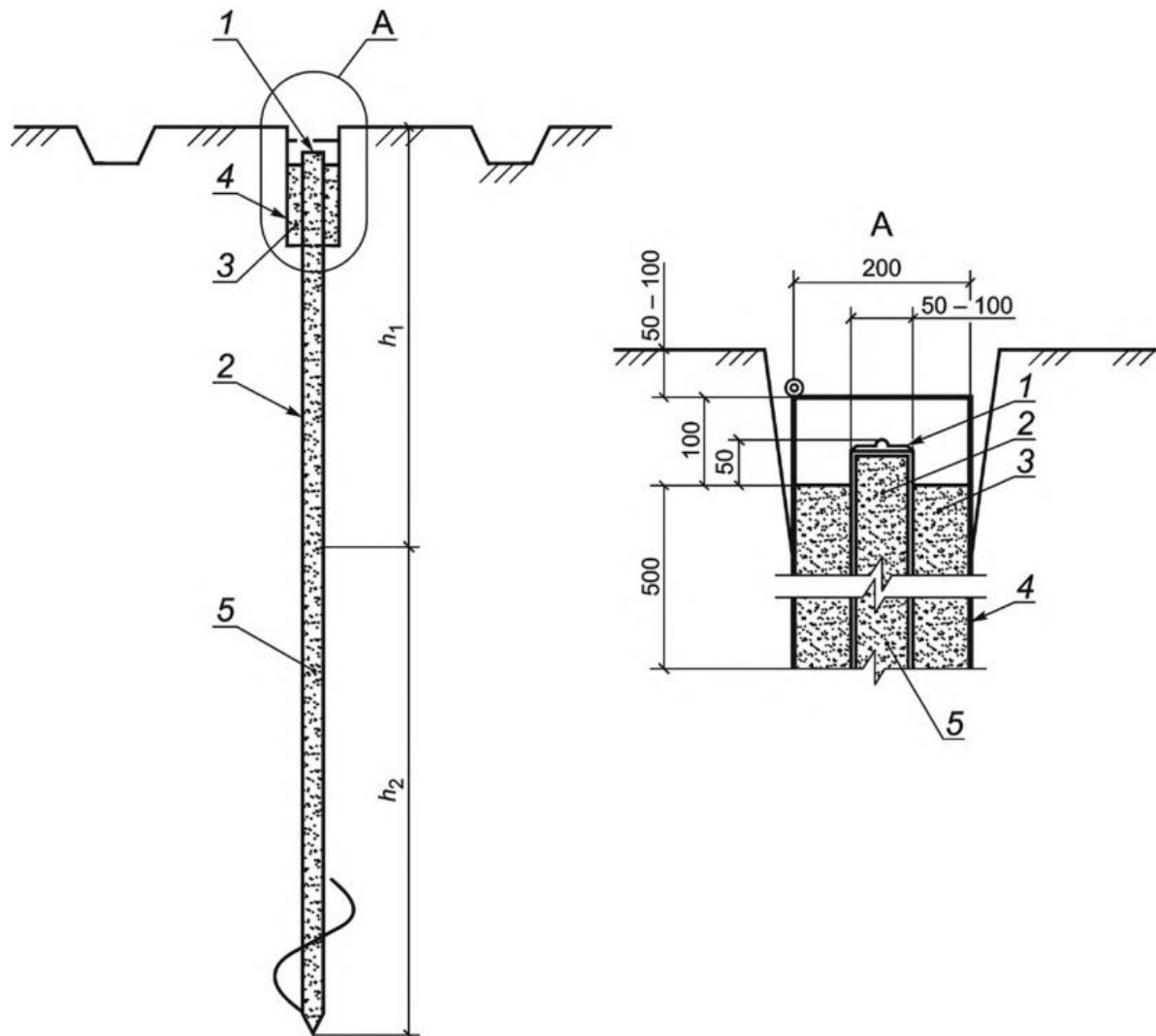


Рис. П.5.3. Образец схемы расположения пунктов КС и ГРО (рис. Ж.1 прил. Ж (рекомендуемое) ГОСТ Р 59865–2022)

Схемы закрепления пунктов ОГС, ГРО, МГРО, КС

Принятые обозначения на рис. Пб.1–Пб.6.7:

- h_1 – наибольшая глубина промерзания грунта в месте производства работ;
- h_2 – дополнительная глубина заложения к глубине промерзания в зависимости от типа грунта (значение – по табл. А.1 Прил. А ГОСТ Р 59865–2022).

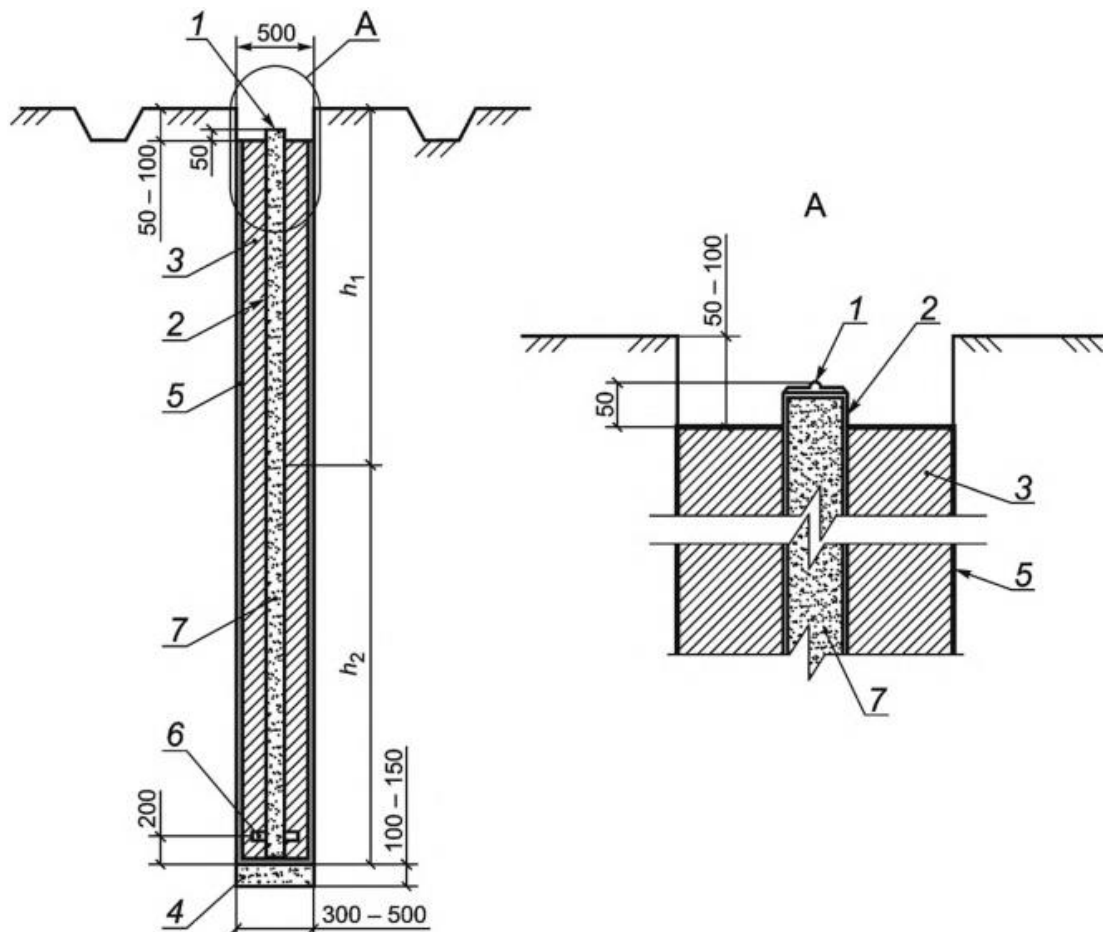


- 1 – металлическая марка, герметично приваренная к свае, с центром в виде сферического элемента (кернение диаметром 1 мм, глубиной 2 мм);
- 2 – металлическая винтовая свая диаметром не менее 76 мм;
- 3 – песок;
- 4 – защитная металлическая труба диаметром 200 мм, габаритами 500 x 50 мм;
- 5 – внутренняя засыпка сухой смесью/песком

Рис. П.6.1. Вид закрепления пункта ОГС и ГРО с использованием винтовой сваи рис. А.1 прил. А (обязательное) ГОСТ Р 59865–2022

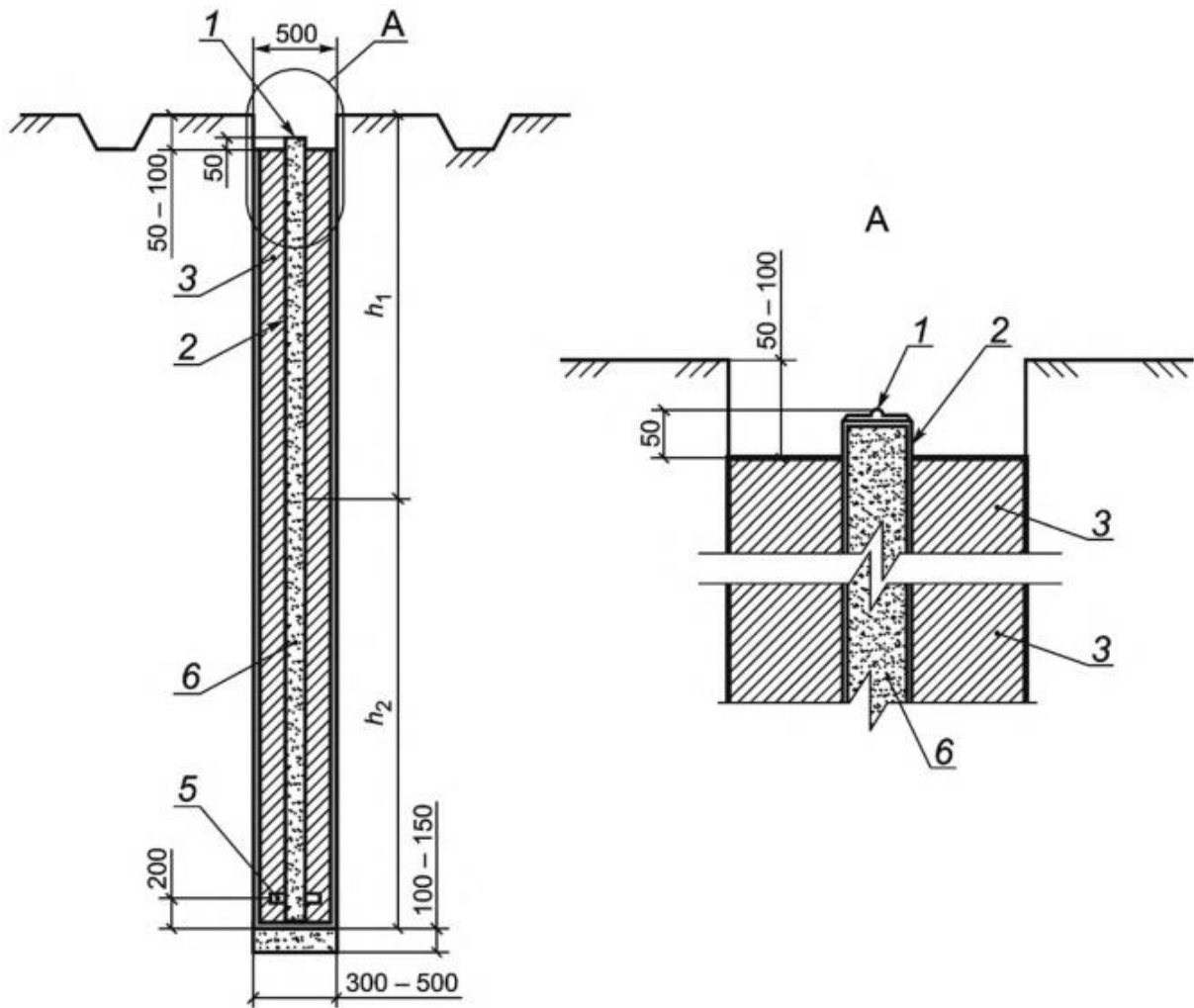
Таблица расчета глубин закладки пунктов ОГС, КС, ГРО и МГРО в зависимости от типов грунтов и глубин сезонного промерзания (табл. А.1 Прил. А (обязательное) ГОСТ Р 59865–2022)

Грунт	Значение h_2 при наибольшей глубине промерзания грунта м							
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Песчаный	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Суглинистый	0,6	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1



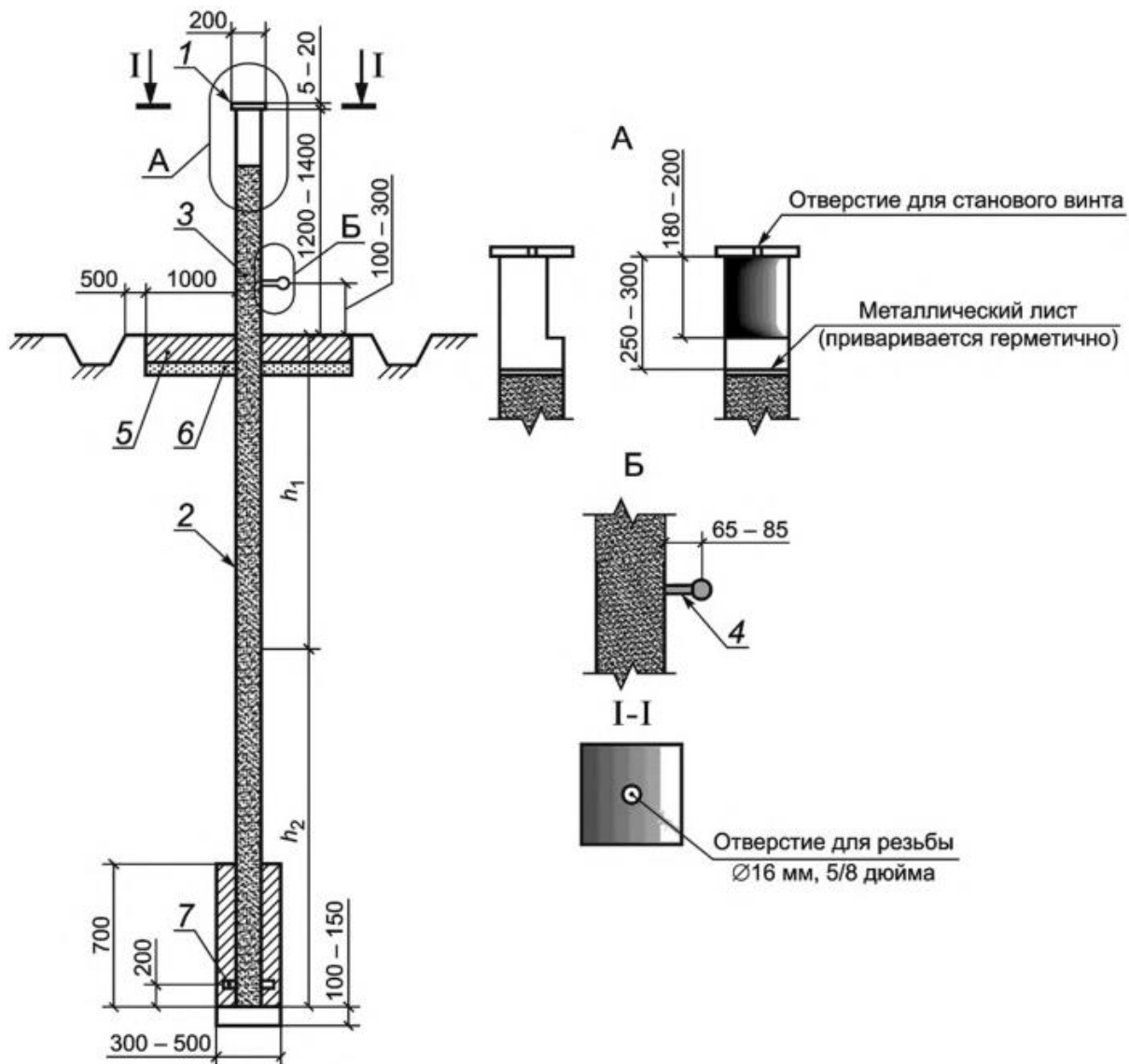
- 1 – металлическая марка, герметично приваренная к свае, с центром в виде сферического элемента (кернение диаметром 1 мм, глубиной 2 мм) или металлическая пластина 200 x 200 x 150 мм с центром;
- 2 – металлическая труба диаметром 50...70 мм или арматура диаметром 20...36 мм;
- 3 – бетон В7,5...В12,5;
- 4 – песок/щебень;
- 5 – обсадная асбестоцементная труба диаметром 300 мм;
- 6 – якорь в бетоне;
- 7 – внутренняя засыпка сухой смесью/песком

Рис. П.6.2. Вид закрепления пункта ОГС и ГРО с использованием обсадной асбестоцементной трубы и заполнением бетоном (рис. А.2 прил. А (обязательное) ГОСТ Р 59865–2022)



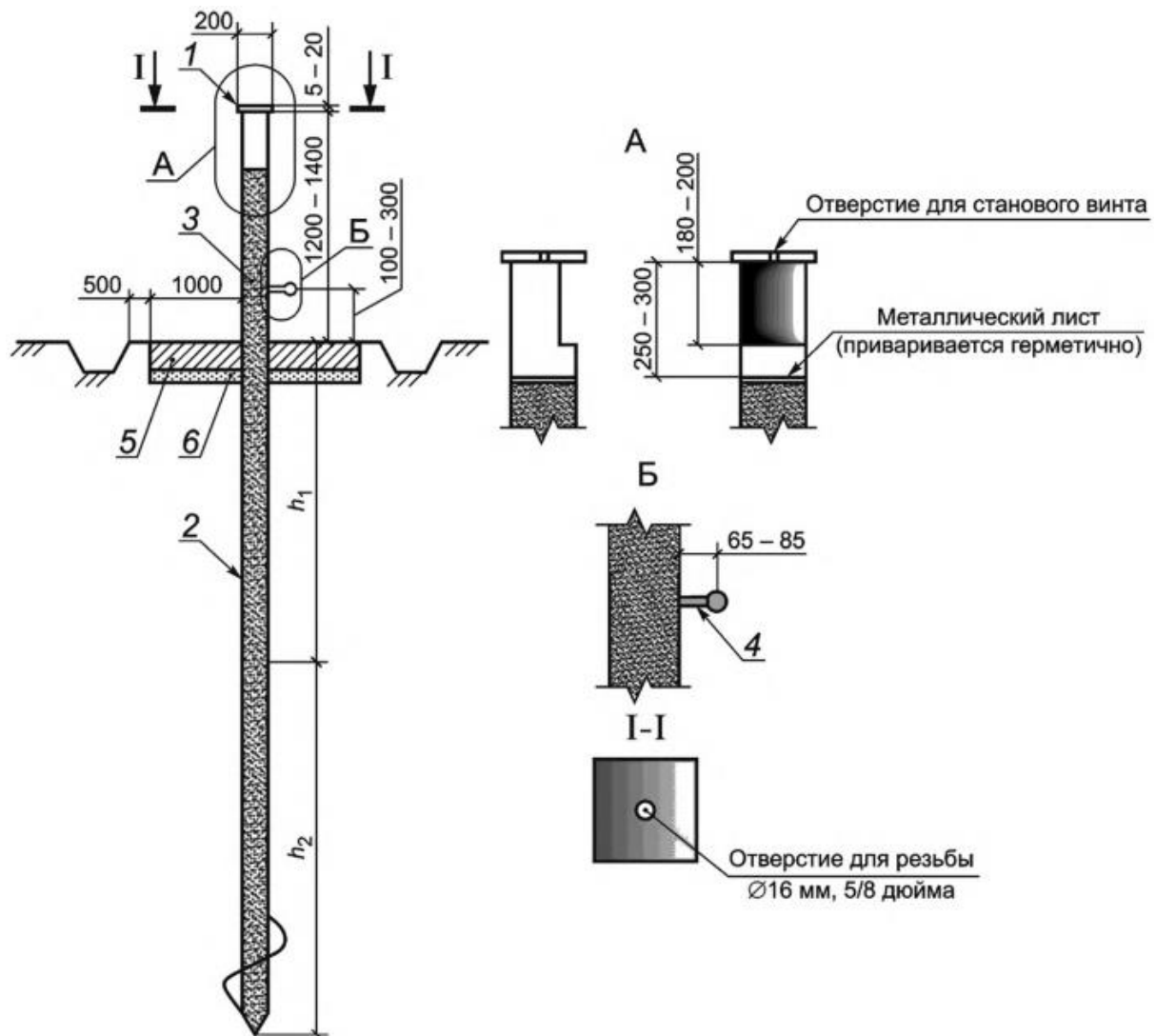
- 1 – металлическая марка, герметично приваренная к свае, с центром в виде сферического элемента (кернение диаметром 1 мм, глубиной 2 мм) или металлическая пластина 200 x 200 x 150 мм с центром;
- 2 – металлическая труба диаметром 50...70 мм или арматура диаметром 20...36 мм;
- 3 – бетон В7,5...В12,5;
- 4 – песок/щебень;
- 5 – якорь в бетоне;
- 6 – внутренняя засыпка сухой смесью/песком

Рис. П.6.3. Вид закрепления пункта ОГС и ГРО с заполнением бетоном (рис. А.3 прил. А (обязательное) ГОСТ Р 59865–2022)



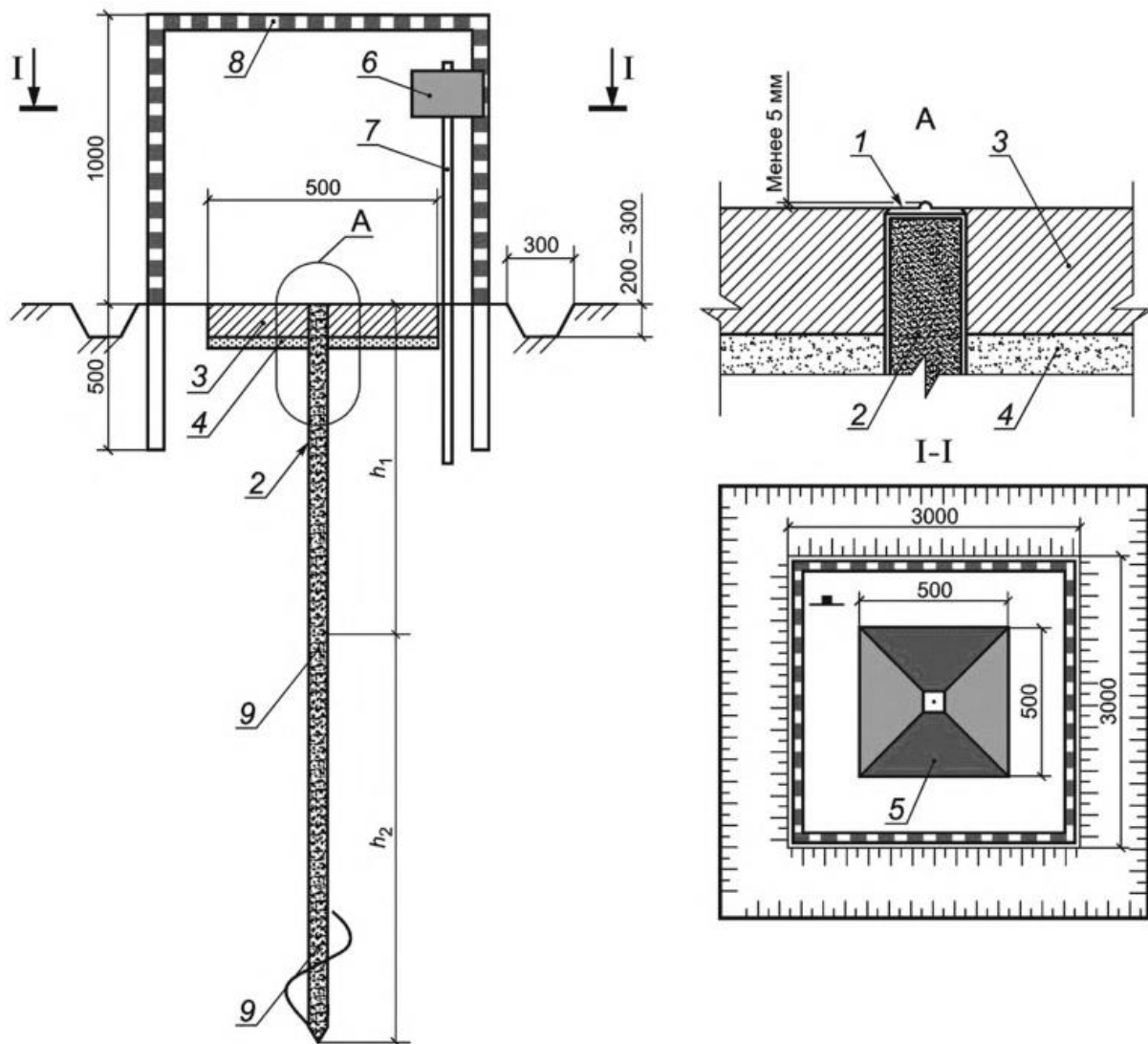
- 1 – металлическая пластина размерами не менее 200 x 200 мм и толщиной 5...20 мм, герметично приваренная к свае, с наличием отверстия диаметром 16 мм (5/8 дюймов) для установки станového винта;
- 2 – металлическая труба диаметром не менее 159 мм, с надземной частью окрашенной в яркий цвет (желтый/красный) и наличием распознаваемой подписи пункта, направленной в сторону возводимого сооружения;
- 3 – внутренняя засыпка сухой смесью/песком;
- 4 – высотный репер с цилиндрической головкой, направленный в сторону возводимого сооружения;
- 5 – бетонная площадка (В7,5...В12.5) толщиной не менее 200 мм;
- 6 – щебень/песок толщиной не менее 100 мм;
- 7 – якорь в бетоне

Рис. П.6.4. Пункт закрепления МГРО в виде ППЦ с применением бетонного якоря (рис. А.4 прил. А (обязательное) ГОСТ Р 59865–2022)



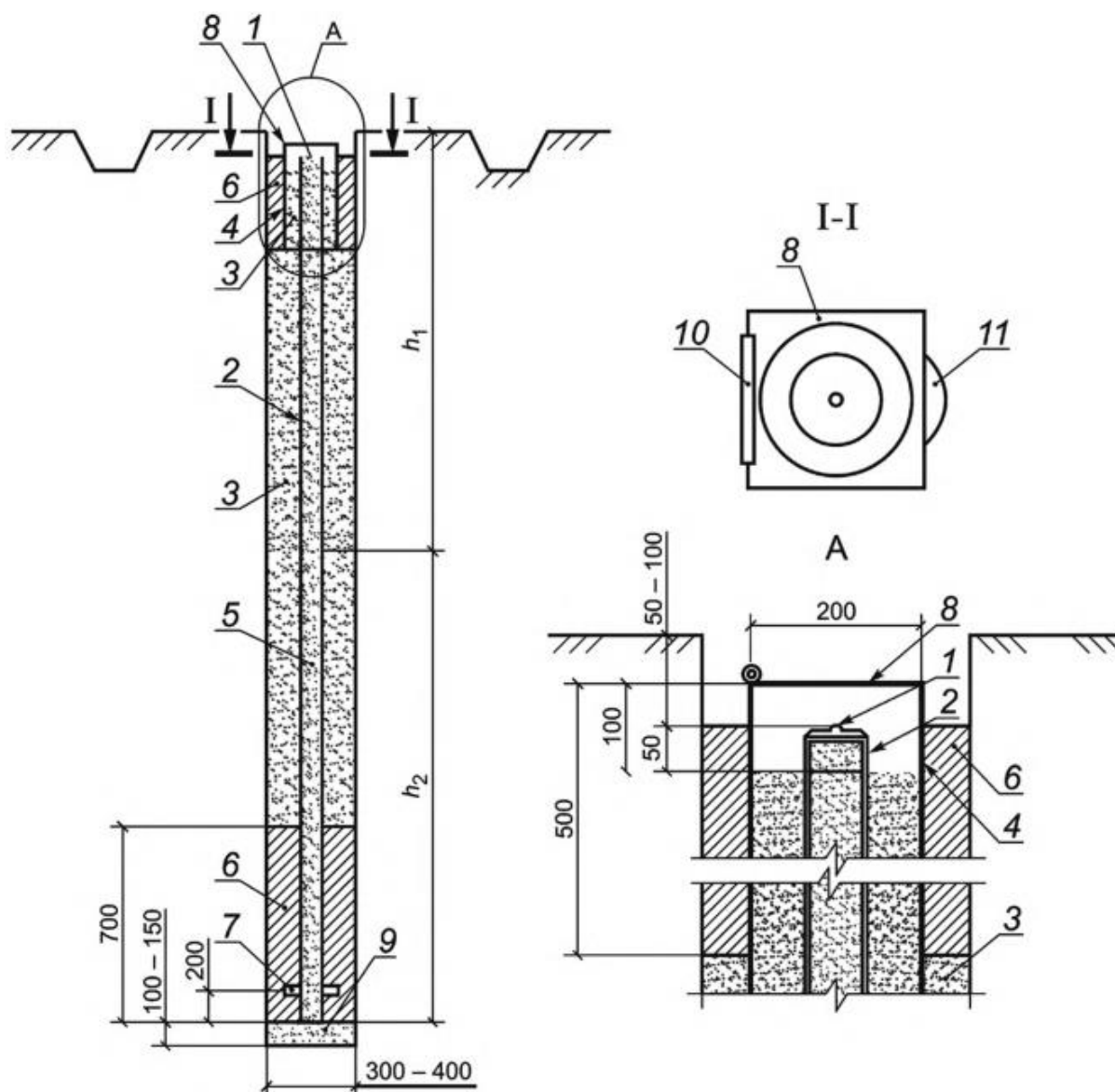
- 1 – металлическая пластина размерами не менее 200 x 200 мм и толщиной 5...20 мм, герметично приваренная к свае, с наличием отверстия диаметром 16 мм (5/8 дюймов) для установки станového винта;
- 2 – металлическая винтовая свая диаметром не менее 159 мм, с надземной частью окрашенной в яркий цвет (желтый/красный) и наличием распознаваемой подписи пункта, направленной в сторону возводимого сооружения;
- 3 – внутренняя засыпка сухой смесью/песком;
- 4 – высотный репер с цилиндрической головкой, направленный в сторону возводимого сооружения;
- 5 – бетонная площадка (В7,5...В12,5) толщиной не менее 200 мм;
- 6 – щебень/песок толщиной не менее 100 мм

Рис. П.6.5. Пункт закрепления МГРО в виде ППЦ с применением винтовой сваи (рис. А.5 прил. А (обязательное) ГОСТ Р 59865–2022)



- 1 – металлическая марка, герметично приваренная к свае, с центром в виде сферического элемента (кернение диаметром 1 мм, глубиной 2 мм);
- 2 – металлическая винтовая свая диаметром не менее 76 мм;
- 3 – бетонная площадка (В7,5...В12,5) толщиной не менее 200 мм;
- 4 – щебень/песок толщиной не менее 100 мм;
- 5 – яркая краска, выделяющаяся на общем фоне, позволяющая легко распознать центр пункта при производстве аэрофотосъемки,
- 6 – металлическая табличка (указание информации в следующей последовательности: наименование заказчика, год закладки, наименование пункта);
- 7 – металлический или деревянный столб;
- 8 – металлическое или деревянное внешнее ограждение, окрашенное в яркую краску, выделяющуюся на общем фоне;
- 9 – внутренняя засыпка сухой смесью/песком

Рис. П.6.6. Фотограмметрический опознавательный знак
долговременного закрепления
(рис. А.6 прил. А (обязательное) ГОСТ Р 59865–2022)

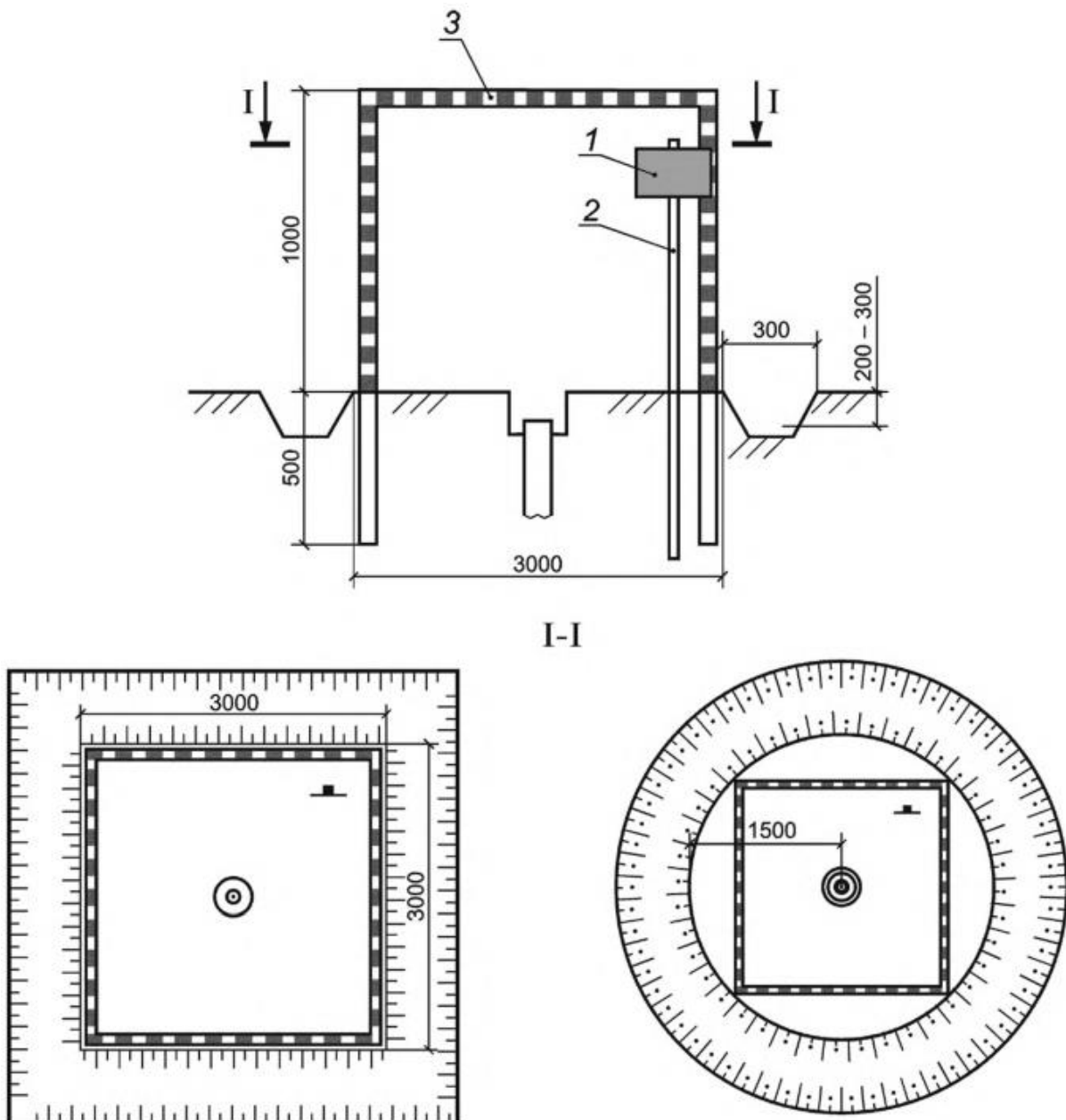


- 1 – металлическая марка, герметично приваренная к свае, с центром в виде сферического элемента (кернение диаметром 1 мм, глубиной 2 мм) или металлическая пластина 200 x 200 x 150 мм с центром;
- 2 – металлическая труба диаметром 100...110 мм или арматура диаметром 30...40 мм;
- 3 – песок;
- 4 – защитная металлическая труба диаметром 200 мм, габаритами 500 x 50 мм;
- 5 – внутренняя засыпка сухой смесью/песком;
- 6 – бетон В25;
- 7 – якорь;
- 8 – металлическая крышка;
- 9 – песок/щебень;
- 10 – петля;
- 11 – ручка

Рис. П.6.7. Схема закрепления центров пунктов каркасной сети
(рис. Г.1 прил. Г (обязательное) ГОСТ Р 59865–2022)

Схемы внешнего оформления пунктов ОГС, КС, ГРО и МГРО

Приведен рис. Д.1 прил. Д (обязательное) ГОСТ Р 59865–2022



- 1 – металлическая табличка (указание информации в следующей последовательности: наименование заказчика, год закладки, наименование пункта);
- 2 – металлический или деревянный столб;
- 3 – металлическое или деревянное внешнее ограждение, окрашенное в яркий цвет, выделяющийся на общем фоне

Учебное издание

Демидов Дмитрий Валентинович

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВЫХ
И ТОННЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

ISBN 978-5-94984-850-0



Редактор Н. В. Рощина
Оператор компьютерной верстки Е. Н. Дунаева

Подписано в печать 27.12.2022 Формат 60×84 /16
Уч.-изд. л. 4,02 Усл. печ. л. 4,18
Тираж 35 экз. Заказ № 7556

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
Тел.: 8(343)221-21-44. Редакционно-издательский отдел

Отпечатано с готового оригинал-макета ГУП СО «Талицкая типография»
623640, г. Талица, ул. Исламова, 2