

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Дмитриев Николай Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 09.06.2026 04:48:19
Уникальный программный ключ:
f7c6227919e4cdbfb4d7b682991f8553b37cafb

Министерство образования и науки Российской Федерации
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Иркутский государственный аграрный университет

имени А.А.Ежевского

Колледж Автомобильного транспорта и агротехнологий

Вертикальная планировка строительной площадки

Методические указания по дисциплине: МДК 01.02 Выполнение топографических съемок и оформление их результатов

для студентов очного, заочного и дистанционного
образовательного обучения специальности 21.02.19
«Землеустройство»

Молодежный 2026

УДК 528.48(072)

Печатается по решению предметно-методической комиссии колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий (протокол №5 от 29 января 2026 г.)

Составитель А.А. Лазарева

Рецензент - к.т.н., доцент кафедры землеустройства, кадастров и сельскохозяйственной мелиорации ФГБОУ ВО «Иркутского ГАУ им. Ежевского А.А.» Тулунова Е.С.

Вертикальная планировка строительной площадки: методические указания по дисциплине: МДК 01.02 Выполнение топографических съемок и оформление их результатов для студентов очного, заочного и дистанционного образовательного обучения специальности 21.02.04 «Землеустройство» / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского, Колледж автомоб. транспорта и агротехнологий ; сост. А. А. Лазарева– Молодежный : Изд-во ИрГАУ, 2026. - 30 с.: ил. – Текст : электронный.

Методические указания предназначены для изучения дисциплины МДК 01.02 Выполнение топографических съемок и оформление их результатов 2 курса специалистов обучающихся по направлениям: 21.02.19 – Землеустройство. Изложены общие сведения о нивелировании поверхности и назначении этого вида работ.

© Лазарева А.А., 2026
© Иркутский ГАУ им. А. А. Ежевского, 2026.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Общие положения	4
2.	Составление топографического плана	5
3.	Проектирование горизонтальной площадки	11
4.	Проектирование наклонной площадки с соблюдением баланса земляных масс	15
5.	Вариант II (частный пример). Проектирование наклонной площадки с соблюдением баланса земляных масс	20
	Контрольные вопросы	25
	Библиографический список	26
	Приложения	27

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дисциплина МДК 01.02 Выполнение топографических съемок и оформление их результатов работ входит в профессиональный модуль ПМ 01 ПМ. 01 «Подготовка, планирование и выполнение полевых и камеральных работ по инженерно-геодезическим изысканиям».

Цель профессионального модуля:

подготовить студентов к решению задач с использованием геодезических приборов и методов производства работ в объеме необходимом для изысканий, проектирования, строительства и землеустроительных работ.

Основные задачи:

знать назначение геодезических приборов и методов выполнения геодезических работ;

уметь пользоваться картографическими материалами для решения инженерных задач, выполнять измерения геодезическими приборами и обработку этих измерений, выполнять подготовку данных для выноса проекта в натуру и разбивочные работы.

иметь представление о форме и размерах земли, системах координат и высот, геодезических опорных сетях, о современных тенденциях развития геодезических приборов и методов измерений, их применении при изысканиях, строительстве и эксплуатации сооружений и зданий, технологии создании карт и планов на основе фотосъемки местности, применении глобальных спутниковых систем для геодезических измерений.

В методических указаниях рассмотрен порядок выполнения полевых и камеральных работ. Подробно представлена обработка журнала нивелирования и построения топографического плана местности с построением горизонталей.

Дана методика преобразования топографической поверхности участка в проектную горизонтальную поверхность, изменяя естественный рельеф строительной площадки, путем выполнения земляных работ. Для составления плана организации рельефа при внутриквартальной планировке показана методика проектирования наклонной площадки.

1. Составление топографического плана

Полевые работы, выполняемые при составлении топографического плана местности строительной площадки

Основой для нивелирования поверхности по квадратам является сетка квадратов, разбиваемая на местности при помощи теодолита и мерной ленты.

На границе участка строят прямоугольник, по сторонам которого откладывают расстояния, равные длине стороны квадрата со сторонами 10, 20, 30, 40 и 50 м в зависимости от сложности рельефа. Положение вершин заполняющих квадратов находят на пересечении створных линий, проходящих через соответствующие вершины, закрепленные на противоположных сторонах прямоугольника (квадрата), вершины квадратов закрепляют кольями.

Для выполнения высотных измерений используют метод геометрического нивелирования. Существуют два способа геометрического нивелирования: из середины и вперед.

Нивелирование выполняют с одной станции, если размеры строительной площадки не очень большие. Нивелир устанавливают в середине площадки, приводят в рабочее положение и берут отсчеты по рейке, устанавливаемой в каждой вершине квадрата. Порядок нивелирования вершин квадратов зависит от размеров строительной площадки. Если размеры строительной площадки превышают 100–150 м, используют для нивелирования несколько станций и контролем нивелирования в этом случае служат связующие точки вершин квадратов, которые нивелируют с двух станций. При небольших размерах нивелирование может быть выполнено с одной станции.

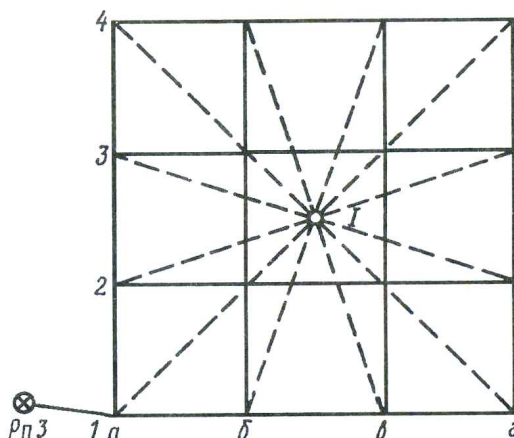


Рисунок 1.1 – Схема нивелирования поверхности по квадратам с одной станции

В этом случае нивелир устанавливают в середине площадки, приводят в рабочее положение и с этой станции берут отсчеты по рейке, последовательно устанавливаемой на всех вершин квадратов. Как правило, отсчеты берут только по черной стороне рейки (при необходимости контроля отсчеты берут и по красной стороне рейки).

Одновременно составляют журнал нивелирования, куда заносят результаты полевых измерений.

В журнале нивелирования указывают все необходимые исходные данные: масштаб съемки, длину стороны квадрата, высоту сечения рельефа. Также отметку привязочного репера, отсчет по рейке, установленной на репере, а при необходимости указывают значение дирекционного угла стороны ориентирования.

Сетки квадратов подписывают: по вертикали цифрами, по горизонтали буквами (заглавными или прописными). В каждую вершину квадрата записывают результаты нивелирования – отчеты по черным (для контроля и по красным) сторонам реек.

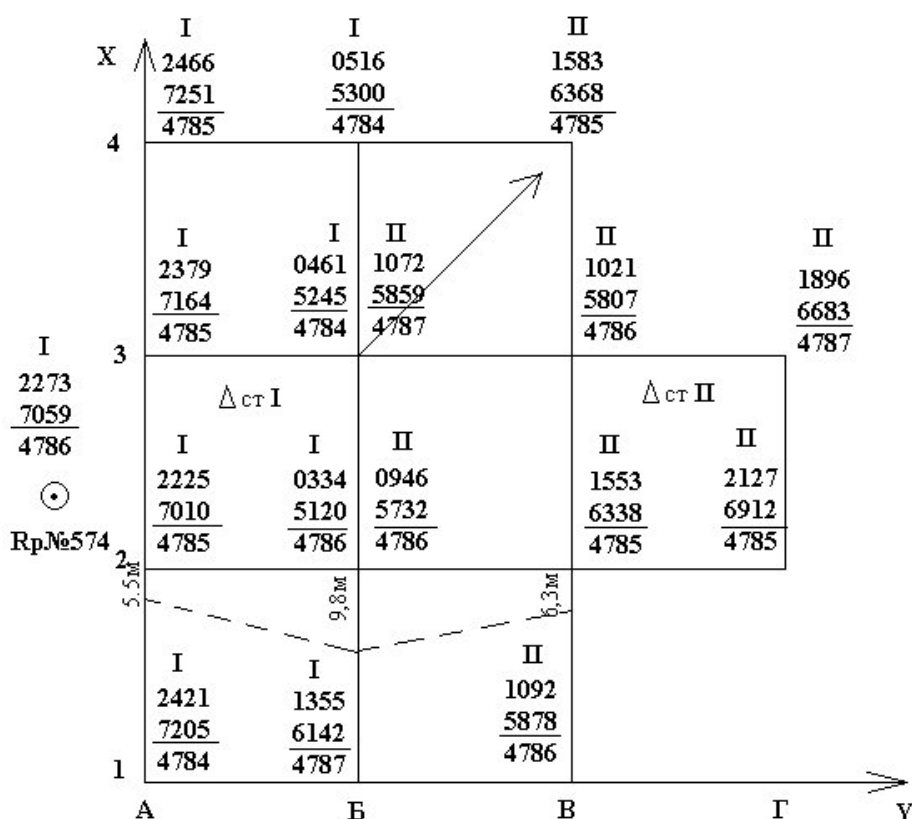


Рисунок 1.2 – Журнал нивелирования поверхности по квадратам

Исходные данные для вычисления отметок вершин квадратов и построения топографического плана:

1. $M = 1:500$
2. $l = 20 \text{ м}$
3. $h_{\text{ср}} = 0,5 \text{ м}$
4. $H_{Rp, \text{№} 574} = 69,824 \text{ м}$
5. $l_{\text{ч}Rp, \text{№} 574} = 2273 \text{ мм}$
6. $l_{\text{кр}Rp, \text{№} 574} = 7059 \text{ мм}$
7. $\alpha_0 = 120^\circ 00'$
8. $i_0 = 0,025$

Камеральная обработка результатов полевых измерений

1. Вычисление горизонта прибора на I станции

Вычисляют горизонт прибора на I станции, используя отметку репера №574 и отсчеты по красной и черной сторонам рейки, установленной на репере

$$H_{ГП} = H_{Rp} + l_{Rp}, \quad (1.1)$$

$$H_{ГПчер.} = H_{Rp} + l_{чRp}, \quad (1.2)$$

$$H_{ГПчер.} = 69,824 м + 2,273 м = 72,097 м., \quad (1.3)$$

$$H_{ГПкр.} = H_{Rp} + l_{крRp}, \quad (1.4)$$

$$H_{ГПкр.} = 69,824 м + 7,059 м = 76,883 м. \quad (1.5)$$

2. Вычисление отметок всех вершин квадратов пронивелированных с I станции

$$H_{A1чер} = IH_{ГП} - l_{черA1}, \quad (1.6)$$

$$H_{A1кр} = IH_{ГПкр} - l_{крA1}, \quad (1.7)$$

$$H_{A1среднее} = \frac{1}{2} (H_{A1чер} + H_{A1кр}). \quad (1.8)$$

$$H_{A1чер} = 72,097 м - 2,421 м = 69,676 м$$

$$H_{A1кр} = 76,883 м - 7,205 м = 69,678 м$$

$$H_{B1чер} = 72,097 м - 1,355 м = 70,742 м$$

$$H_{B1кр} = 76,883 м - 6,142 м = 70,741 м$$

$$H_{A2чер} = 72,097 м - 2,225 м = 69,872 м$$

$$H_{A2кр} = 76,883 м - 7,010 м = 69,873 м$$

$$H_{B2чер} = 72,097 м - 0,334 м = 71,763 м$$

$$H_{B2кр} = 76,883 м - 5,120 м = 71,763 м$$

$$H_{A3чер} = 72,097 м - 2,379 м = 69,718 м$$

$$H_{A3кр} = 76,883 м - 7,164 м = 69,719 м$$

$$H_{B3чер} = 72,097 м - 0,461 м = 71,636 м$$

$$H_{B3кр} = 76,883 м - 5,245 м = 71,638 м$$

$$H_{A4чер} = 72,097 м - 2,466 м = 69,631 м$$

$$H_{A4кр} = 76,883 м - 7,251 м = 69,632 м$$

$$H_{B4чер} = 72,097 м - 0,516 м = 71,581 м$$

$$H_{B4кр} = 76,883 м - 5,300 м = 71,583 м$$

$$H_{A1ср} = 69,677 м$$

$$H_{B1ср} = 70,742 м$$

$$H_{A2ср} = 69,872 м$$

$$H_{B2ср} = 71,763 м$$

$$H_{A3ср} = 69,718 м$$

$$H_{B3ср} = 71,637 м$$

$$H_{A4ср} = 69,632 м$$

$$H_{B4ср} = 71,582 м$$

3. Выполняют контроль взятия отсчетов на связующих точках Б2 и Б3 пронивелированных с двух станций:

$$I_{ст} \times_{чер} + II_{ст} \times_{кр} = II_{ст} \times_{чер} + I_{ст} \times_{кр}, \quad (1.9)$$

где l – отсчет по рейке.

- Вершина квадрата Б3: 0461 мм + 5859 мм > 1072 мм + 5245 мм

$$6320 \text{ мм} > 6317 \text{ мм}$$

Разность составляет 3 мм. Допустимое расхождение составляет 5 мм.

- Вершина квадрата точка Б2: 0334 мм + 5732 мм = 0946 мм + 5120 мм

$$6066 \text{ мм} = 6066 \text{ мм}$$

• Вывод: контроль удовлетворяет требованиям, значит вершины квадратов: Б2 и Б3 можно использовать для вычисления горизонта прибора на II станции.

4. Вычисление горизонта прибора на II станции

• Вычисляют горизонт прибора на II станции, используя вычисленные отметки связующих точек (вершин) Б2, Б3 и результаты нивелирования этих вершин на II станции:

- вершина Б3:

$$H_{ГПчер.} = H_{Б3} + l_{чБ3} = 71,637 \text{ м} + 1,072 \text{ м} = 72,709 \text{ м}, \quad (1.1)$$

$$H_{ГПкр.} = H_{Б3} + l_{крБ3} = 71,637 \text{ м} + 5,859 \text{ м} = 77,496 \text{ м}. \quad (1.1)$$

- вершина Б2:

$$H_{ГПчер.} = H_{Б2} + l_{чБ2} = 71,763 \text{ м} + 0,946 \text{ м} = 72,709 \text{ м}, \quad (1.1)$$

$$H_{ГПкр.} = H_{Б2} + l_{крБ2} = 71,763 \text{ м} + 5,732 \text{ м} = 77,495 \text{ м}. \quad (1.1)$$

• Вывод: средние значения ГП, полученные по результатам нивелирования вершин Б2 и Б3 принимают за окончательные и используют для вычисления отметок вершин квадратов, пронивелированных на станции II.

5. Вычисление отметок всех вершин квадратов пронивелированных с II станции

$$H_{В1чер} = II_{ст} H_{ГПчер} - l_{чВ1}, \quad (1.14)$$

$$H_{В1кр} = II_{ст} H_{ГПкр} - l_{крВ1}, \quad (1.15)$$

$$H_{В1среднее} = \frac{1}{2} (H_{В1чер} + H_{В1кр}). \quad (1.16)$$

$$H_{В1чер} = 72,709 \text{ м} - 1,092 \text{ м} = 71,617 \text{ м}$$

$$H_{В1кр} = 77,496 \text{ м} - 5,878 \text{ м} = 71,618 \text{ м}$$

$$H_{В2чер} = 72,709 \text{ м} - 1,553 \text{ м} = 71,156 \text{ м}$$

$$H_{В2кр} = 72,496 \text{ м} - 6,338 \text{ м} = 71,158 \text{ м}$$

$$H_{В3чер} = 72,709 \text{ м} - 1,021 \text{ м} = 71,688 \text{ м}$$

$$H_{В3кр} = 77,496 \text{ м} - 5,807 \text{ м} = 71,689 \text{ м}$$

$$H_{В1ср} = 71,618 \text{ м}$$

$$H_{В2ср} = 71,157 \text{ м}$$

$$H_{В3ср} = 71,688 \text{ м}$$

$$H_{B4чер} = 72,709 \text{ м} - 1,583 \text{ м} = 71,126 \text{ м}$$

$$H_{B4cp} = 71,127 \text{ м}$$

$$H_{B4кр} = 77,496 \text{ м} - 6,368 \text{ м} = 71,128 \text{ м}$$

$$H_{Г2чер} = 72,709 \text{ м} - 2,127 \text{ м} = 70,582 \text{ м}$$

$$H_{Г2cp} = 70,583 \text{ м}$$

$$H_{Г2кр} = 77,496 \text{ м} - 6,912 \text{ м} = 70,584 \text{ м}$$

$$H_{Г3чер} = 72,709 \text{ м} - 1,896 \text{ м} = 70,813 \text{ м}$$

$$H_{Г3cp} = 70,813 \text{ м}$$

$$H_{Г3кр} = 77,496 \text{ м} - 6,683 \text{ м} = 70,813 \text{ м}$$

6. Построение топографического плана по результатам нивелирования строительной площадки

- Для построения топографического плана по результатам нивелирования поверхности строительной площадки вычерчивают сеть квадратов в масштабе М 1:500. Сторону А1–А4 ориентируют на север и принимают за ось абсцисс – X, а сторону А1–В1 принимают за ось ординат – Y.

- В каждой вершине квадрата подписывают вычисленные отметки с точностью до 0,01 м. По всем сторонам квадратов и по диагоналям (направлениям скатов местности) выполняют интерполирование горизонталей.

Рисунок 1.3 – Топографический план строительной площадки.

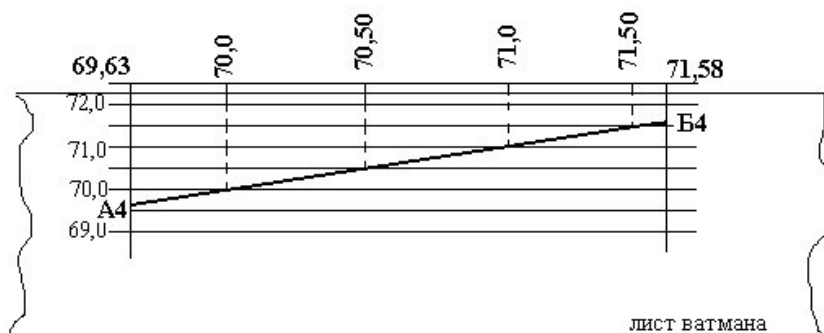
- Горизонталю наносят способом графического интерполирования отметок по каждой стороне квадрата и линии, показывающей направление однообразного ската.

- Интерполирование горизонталей можно выполнить аналитически: вычисляя заложения и откладывая их в масштабе плана по сторонам квадратов.

- Интерполирование можно выполнить, используя лист кальки или палетку с нанесенными через произвольные, но равные расстояния параллельные линии.

- Также выполняют интерполирование, используя лист миллиметровки.

- Для примера рассмотрим интерполирование по стороне квадрата А4–Б4, где проходят четыре горизонтали.



$$h_{cp} = 0,5 \text{ м}$$

Рисунок 1.4 – Интерполирование горизонталей с помощью миллиметровки

- На листе миллиметровки через произвольные, но равные расстояния (например, через 5 мм) проводят параллельные линии. Подписывают шкалу

высот в соответствии с отметками вершин квадратов, между которыми выполняют интерполирование отметок. Отметки между двумя ближайшими горизонтальными линиями по шкале высот кратны высоте сечения рельефа.

- По шкале высот определяют положение каждой вершины квадрата в соответствии с их отметками. Соединяют эти точки прямой. Проведенная линия пересекает горизонтальные линии миллиметровки. Точки пересечения проектируют на сторону квадрата. Полученные заложения должны быть равны между собой.

- Интерполирование выполняют по всем сторонам квадратов и по диагоналям, где направление ската местности показано стрелками.

- После интерполирования одноименные точки соединяют плавными кривыми линиями – горизонталями, как это указано на рис. 1.4. На плане подписывают горизонтали, отметки которых кратны 5 м. Такие горизонтали проводят утолщенными.

- План оформляют тушью: сеть квадратов с отметками вершин – черной тушью, а горизонтали – коричневой. Толщина горизонталей 0,1 мм, утолщенные горизонтали толщиной 0,25 мм. Ситуацию наносят в соответствии с действующими условными знаками.

2. Проектирование горизонтальной площадки

Проект вертикальной планировки застраиваемой территории является составной частью генерального плана. Естественный рельеф строительной площадки для создания необходимых условий строительства преобразуют в проектную горизонтальную поверхность, т.е. изменяют естественный рельеф строительной площадки путем выполнения земляных работ.

Проектирование горизонтальной площадки выполняют по топографическим планам масштабов 1:5000 – 1:500 при условии, чтобы объемы выемок и насыпей были примерно равны между собой.

Проектирование горизонтальной площадки с соблюдением баланса земляных масс – простейший пример вертикальной планировки. В процессе проектирования студенты осваивают принцип выполнения геодезических расчетов при составлении проекта геодезической планировки.

1. Вычисление проектной отметки горизонтальной площадки.

- Вычисляют проектную отметку горизонтальной площадки по формуле:

$$H_{np} = H_{min} + \frac{Sh\phi + 2Sh\phi + 3Sh\phi + 4Sh\phi}{4n}, \quad (2.1)$$

где H_{min} – наименьшая из фактических отметок вершин квадратов, n – число квадратов.

• Для облегчения расчетов вводят в расчетную формулу понятие: условная отметка $h\phi$. Вычисляют условную отметку для каждой вершины квадрата:

$$h\phi = H_{\text{факт}} - H_{\text{мин}}. \quad (2.2)$$

Согласно топографическому плану (рис. 1.3.) вычисляют: $Sh\phi_1, Sh\phi_2, Sh\phi_3, Sh\phi_4$

• $Sh\phi_1$ – сумма отметок вершин квадратов, принадлежащих только одному квадрату;

$$Sh\phi_1 = H_{A1} + H_{A4} + H_{B4} + H_{Г3} + H_{Г2} + H_{B1}. \quad (2.3)$$

• $Sh\phi_2$ – сумма отметок вершин квадратов общих для двух смежных квадратов:

$$Sh\phi_2 = H_{B4} + H_{B1} + H_{A2} + H_{A3}. \quad (2.4)$$

• Полученную сумму $Sh\phi_2$ подставляют в формулу (2.1):

• $Sh\phi_3$ – сумма отметок вершин квадратов общих для трех смежных квадратов:

$$Sh\phi_3 = H_{B2} + H_{B3}. \quad (2.5)$$

• Полученную сумму $Sh\phi_3$ подставляют в формулу (2.1):

• $Sh\phi_4$ – сумма отметок вершин, объединяющих четыре квадрата;

$$Sh\phi_4 = H_{B2} + H_{B3}. \quad (2.6)$$

• Полученную сумму $Sh\phi_4$ подставляют в формулу (2.1):

• В рассматриваемом примере $H_{\text{мин}} = 69,60$ м.

$$Sh\phi_1 = 0,03 \text{ м} + 1,53 \text{ м} + 1,21 \text{ м} + 0,98 \text{ м} + 2,02 \text{ м} + 0,08 \text{ м} = 5,85 \text{ м};$$

$$Sh\phi_2 = 1,98 \text{ м} + 1,14 \text{ м} + 0,27 \text{ м} + 0,12 \text{ м} = 3,51 \text{ м};$$

$$Sh\phi_3 = 2,09 \text{ м} + 1,56 \text{ м} = 3,65 \text{ м};$$

$$Sh\phi_4 = 2,04 \text{ м} + 2,16 \text{ м} = 4,20 \text{ м}.$$

• Подставляют все полученные величины в формулу вычисления проектной отметки горизонтальной площадки (2.1):

$$H_{\text{пр}} = 69,60 \text{ м} + \frac{5,85 \text{ м} + 2 \cdot 3,51 \text{ м} + 3 \cdot 3,65 \text{ м} + 4 \cdot 4,20 \text{ м}}{4} = 71,05 \text{ м}$$

• Таким образом, проектная отметка горизонтальной площадки:

$$H_{\text{пр.гор}} = 71,05 \text{ м}.$$

2. Вычисление рабочих отметок всех вершин квадратов

• Вычисляют рабочие отметки всех вершин квадратов, показывающих высоту насыпи (+) или глубину выемки (–) как разность проектной и фактических отметок по формуле:

$$Dh = H_{\text{проект}} - H_{\text{факт}}. \quad (2.7)$$

• Например, рабочую отметку вершины А4 вычисляют:

$$Dh_{A4} = 71,05 \text{ м} - 69,63 \text{ м} = +1,42 \text{ м}. \quad (2.8)$$

• Правильность вычисления рабочих отметок контролируют по формуле:

$$Dh = \frac{SDh_1 + 2SDh_2 + 3SDh_3 + 4SDh_4}{4} = 0. \quad (2.9)$$

3. Вычисление положения точек нулевых работ

• Вычерчивают картограмму земляных работ. Картограмма земляных работ – это графический документ вертикальной планировки. Составляется на основе топографического плана строительной площадки. Для этого

вычерчивают сеть квадратов и в каждой вершине подписывают фактические (черные) отметки и вычисленные рабочие отметки. Проектную отметку подписывают ниже картограммы.

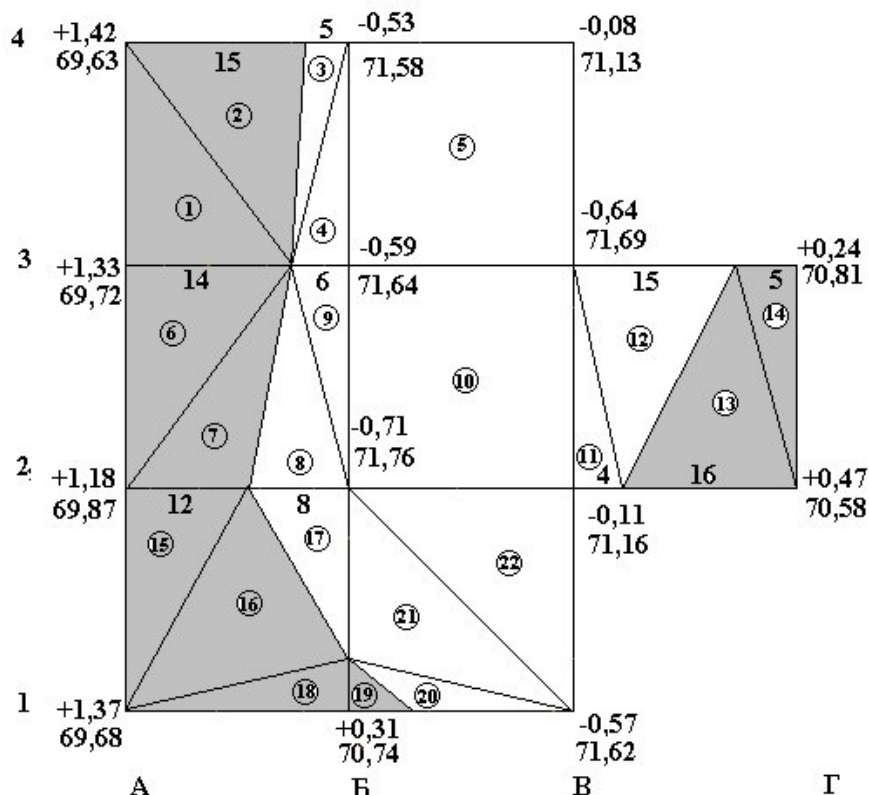


Рисунок 2.1 – Картограмма земляных работ
 $H_{n,p} = 71,05$ м. Длина сторон квадрата 20 м.

- Вычисляют положение точек нулевых работ. Ноль работ – это точка пересечения фактической линии (линии Земли) и проектной линии. Определение положения точек нулевых работ проводят между смежными рабочими отметками сторон квадратов, имеющими разные знаки.

Положение точек нулевых работ определяют аналитическим способом по формуле:

$$l_1 = \frac{|Dh_1| \times l}{|Dh_1| + |Dh_2|},$$

$$l_2 = \frac{|Dh_2| \times l}{|Dh_1| + |Dh_2|}. \quad (2.10)$$

- Контроль вычислений:

$$l_1 + l_2 = l$$

где Dh_2 – рабочая отметка выемки; Dh_1 – рабочая отметка насыпи; l – длина стороны квадрата; l_1 и l_2 – расстояния, определяющие положение точек нулевых работ на стороне квадрата (рис. 2.2.).

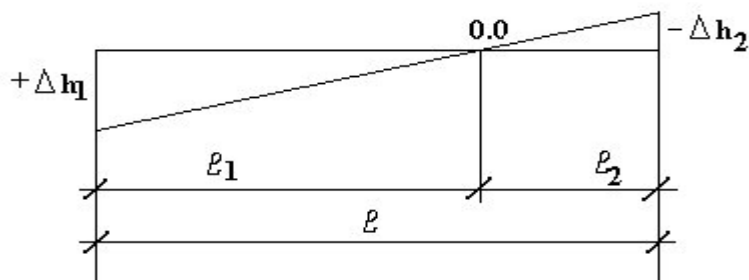


Рис. 2.2. Определение положения точек нулевых работ

- Пример вычисления точки нулевых работ:

Для стороны между вершинами А4–Б4 положение точки нулевых работ определяют:

$$l_1 = \frac{1,42 \times 20}{1,42 + 0,53} \approx 15 \text{ м}$$

$$l_2 = \frac{0,53 \times 20}{1,42 + 0,53} = 5,436 \approx 5 \text{ м}$$
(2.11)

Точка нулевых работ находится на расстоянии 15 м от вершины квадрата с рабочей отметкой +1,42 м.

- Соединив точки нулевых работ прямыми линиями, получают линию нулевых работ.
- Объем земляных масс можно вычислить методом четырехгранных или трехгранных призм.

Объем четырехгранной призмы определяют по формуле:

$$V = \frac{SD_n}{4} \times S, \quad (2.12)$$

где $\frac{SD_n}{4}$ – средняя высота однородной призмы, вычисляют как среднюю арифметическую из рабочих отметок; S – площадь основания призмы.

Объем трехгранной призмы определяют по формуле:

$$V = \frac{SD_n}{3} \times S. \quad (2.13)$$

Объем пятигранных призм в смешанных квадратах можно вычислять как разность объемов четырехгранных и трехгранных призм.

- Вычисление объемов земляных масс насыпей и выемок выполняют для каждого квадрата или части его, используя вышеприведенные формулы.
- После вычисления объемов отдельных фигур находят общий объем насыпи и выемки. Контролем вычисления объемов земляных масс является примерное равенство объемов насыпи и выемки. Допускается расхождение в пределах до 5% от общего объема насыпи и выемки.

При этом предпочтительно, чтобы объем выемки несколько превышал объем насыпи, это связано с уплотнением и потерями грунта при его отсыпке в насыпь.

- Пример вычисления объема земляных масс по данным рис. 2.1. приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Ведомость вычисления объемов земляных масс

Номер фигуры	Площадь фигуры, м ²	Средняя рабочая отметка	Объемы земляных работ, м ³	
			Выемка (-)	Насыпь (+)
1	140	+0,92	-	128,8
2	150	+0,47	-	70,5
3	50	-0,18	-9,0	-
4	60	-0,37	-22,2	-
5	400	-0,46	-184,0	-
6	140	+0,84	-	117,6
7	120	+0,39	-	46,8
8	80	-0,24	19,2	-
9	60	-0,43	25,8	-
10	400	-0,51	204,0	-
11	40	-0,25	10,0	-
12	150	-0,21	31,5	-
13	160	+0,16	-	25,6
14	50	+0,24	-	12,0
15	120	+0,85	-	102,0
16	164	+0,46	-	75,4
17	56	-0,24	13,4	-
18	60	+0,56	-	33,6
19	21	+0,10	-	2,1
20	39	-0,19	7,4	-
21	140	-0,43	60,2	-
22	200	-0,46	92,0	-
	S = 2800	-	$\sum_1^n V_{\text{выемки}} = 678,7$	$\sum_1^n V_{\text{насыпи}} = 614,4$

Вычисляют объемы выемок и насыпей:

$$V_v = \sum_1^n V_{\text{выемки}}, \quad (2.14)$$

$$V_n = \sum_1^n V_{\text{насыпи}}.$$

Определяют абсолютную величину их разности:

$$|DV| = |V_v| - |V_n| = 63,3 \text{ м}^3. \quad (2.15)$$

Отношение DV к общей сумме насыпей и выемок, выраженное в процентах, характеризует баланс земляных масс:

$$\frac{|DV|}{|V_v| + |V_n|} = \frac{2}{616 + 614} \times 100\% = \approx 5\%. \quad (2.16)$$

3. Проектирование наклонной площадки с соблюдением баланса земляных масс

Для составления плана организации рельефа при внутриквартальной планировке, при благоустройстве территории вокруг строящихся объектов: для обеспечения стока воды с заданным продольным уклоном (при необходимости и поперечным уклоном) и отметкой исходной точки выполняют проектирование наклонной площадки.

Исходным материалом для проектирования могут служить результаты полевого нивелирования поверхности по квадратам. В условиях строительства используют данные топографических съемок строительной площадки.

В данном случае, на топографическом плане строят сетку квадратов в границах строительной площадки. Используя отметки горизонталей на плане, определяют отметки всех вершин квадратов. Принимают проектные величины: направление и величину проектных уклонов планировочной поверхности, например, с целью отвода с площадки ливневых вод.

Составление картограммы земляных работ и вычисление объемов земляных масс

Исходные данные:

- топографический план нивелирования поверхности по квадратам (рис. 1.3.);
- максимальный уклон планировочной поверхности $i_0 = 0,019$;
- дирекционный угол направления максимального уклона $\alpha = 15^\circ 00'$;

При составлении проекта вертикальной планировки по топографическому плану задают направление стоков воды, максимальные уклоны по ним. Дирекционный угол максимального уклона можно определить графически по плану.

1. Определяют положение центра тяжести строительной площадки по формулам:

$$\begin{aligned} X_{ц.м} &= \frac{\sum X_i}{n}, \\ Y_{ц.м} &= \frac{\sum Y_i}{n}. \end{aligned} \quad (3.1)$$

где $X_{ц.м}$, $Y_{ц.м}$ – координаты центра тяжести площадки; n – число квадратов.

Для упрощения расчетов за начало координат принимают вершину А1. Сторону сети квадратов А1–А4 ориентируют на север. Соответственно сторона А1–В1 принимает направление на восток (рис. 3.1)

Длина стороны квадрата $L = 20$ м.

$$\begin{aligned} X_{ц.м} &= \frac{10м + 10м + 30м + 30м + 30м + 50м + 50м}{7} = 30м, \\ Y_{ц.м} &= \frac{10м + 10м + 10м + 30м + 30м + 30м + 50м}{7} = 24,3. \end{aligned} \quad (3.2)$$

2. Вычисляют значение уклонов по осям X и Y : i_x и i_y .

$$\begin{aligned} i_x &= i_0 \times \cos a_0 = 0,019 \times \cos 15^\circ = 0,018, \\ i_y &= i_0 \sin a_0 = 0,019 \times \sin 15^\circ = 0,005. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Полученные значения уклонов округляют до 0,001.

3. Определяют проектную (среднюю) отметку центра тяжести участка – $H_{ц.т.}$ по формуле для определения проектной отметки горизонтальной площадки.

$$H_{ц.т.} = H_{пр.} = 71,05 \text{ м.}$$

4. Для удобства расчетов переносят положение центра тяжести строительной площадки в ближайшую (более удобную для вычислений) вершину квадрата.

Ближайшей вершиной квадрата к центру тяжести участка является в рассматриваемом примере вершина Б2. Проектную отметку этой вершины вычисляют:

$$\begin{aligned} H_{Б2} &= H_{ц.т.} + i_x(X_{Б2} - X_{ц.т.}) + i_y(Y_{Б2} - Y_{ц.т.}), \\ H_{Б2} &= 71,05 \text{ м} + 0,018 (20 \text{ м} - 30 \text{ м}) + 0,005 (20 \text{ м} - 24,3 \text{ м}) = 70,85 \text{ м} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Следующим этапом является вычисление отметок всех вершин сети квадратов по формуле:

$$H_{ij} = H_{Б2.} + i_x(X_{ij} - X_{Б2.}) + i_y(Y_{ij} - Y_{Б2.}), \quad (3.5)$$

где ij – номер вершины квадрата для которой вычисляют отметку.

Например,

$$H_{Б4} = 70,85 \text{ м} + 0,018 \text{ м} (60 \text{ м} - 20 \text{ м}) + 0,005 \text{ м} (40 \text{ м} - 20 \text{ м}) = 71,67 \text{ м.}$$

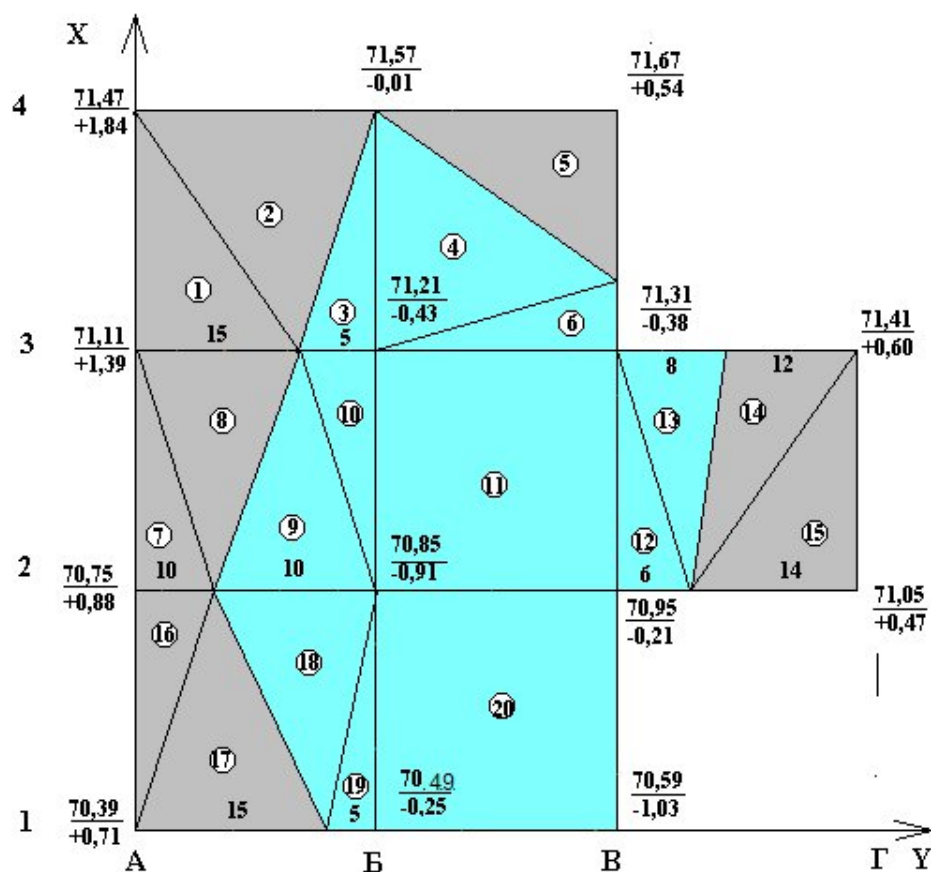


Рисунок 3.1 – Проектирование наклонной площадки с соблюдением баланса земляных масс.

5. Вычисляют рабочие отметки Dh вершин квадратов по формуле:

$$Dh = H_{пр.} - H_{фактич.} \quad (3.6)$$

где $H_{пр.}$ – проектная отметка вершины квадрата; $H_{фактич.}$ – фактическая отметка вершины квадрата (отметка поверхности земли).

6. Определяют положение точек нулевых работ (аналогично предыдущему заданию):

Полученные точки нулевых работ соединяют и получают линию нулевых работ.

7. Вычисляют объемы земляных масс. Квадраты, пересекаемые линией нулевых работ, делят на элементарные фигуры и вычисляют объемы каждой отдельной фигуры. Результаты вычисления площади основания, средней рабочей отметки, объемов выемки или насыпи для каждой отдельной фигуры заносят в ведомость вычисления объемов земляных масс (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Ведомость вычисления объемов земляных масс

Номер фигуры	Площадь фигуры, м ²	Средняя рабочая отметка	Объемы земляных работ, м ³	
			Выемка (-)	Насыпь (+)
1	150	+1,08	-	162,0
2	200	+0,61	-	122,0
3	50	-0,15	7,5	-
4	200	-0,15	30,0	-
5	120	+0,18	-	21,6
6	80	-0,27	21,6	-
7	100	+0,76	-	76,0
8	150	+0,46	-	69
9	100	-0,30	30,0	-
10	50	-0,45	22,5	-
11	400	-0,48	192,0	-
12	60	-0,20	-12,0	-
13	80	-0,13	-10,4	-
14	120	+0,20	-	24,0
15	140	+0,36	-	50,4
16	100	+0,53	-	53,0
17	150	+0,24	-	36,0
18	100	-0,30	30,0	-
19	50	-0,40	20,0	-
20	400	-0,60	240,0	-
	Σ = 2800		$\sum_1^n V_{\text{выемки}} = 616,0$	$\sum_1^n V_{\text{насыпи}} = 614,0$

Вычисляют объемы выемок и насыпей:

$$V_v = \sum_1^n V_{\text{выемки}}, \quad (3.7)$$

$$V_n = \sum_1^n V_{\text{насыпи}}.$$

Определяют абсолютную величину их разности:

$$|DV| = |V_v| - |V_n| = 2\text{ м}^3. \quad (3.8)$$

Отношение DV к общей сумме насыпей и выемок, выраженное в процентах, характеризует баланс земляных масс:

$$\frac{|DV|}{|V_v| + |V_n|} = \frac{2}{616 + 614} \times 100\% = \approx 0,2\%. \quad (3.9)$$

При проектировании площадки с заданным проектным уклоном расхождение между суммами насыпей и выемок можно допустить в пределах 10%.

Построение проектных горизонталей

На схему квадратов выписывают вычисленные проектные отметки всех вершин квадратов.

Проектные горизонтали, как правило, строят высотой сечения рельефа $h = 0,10$ м (рис. 3.2.).

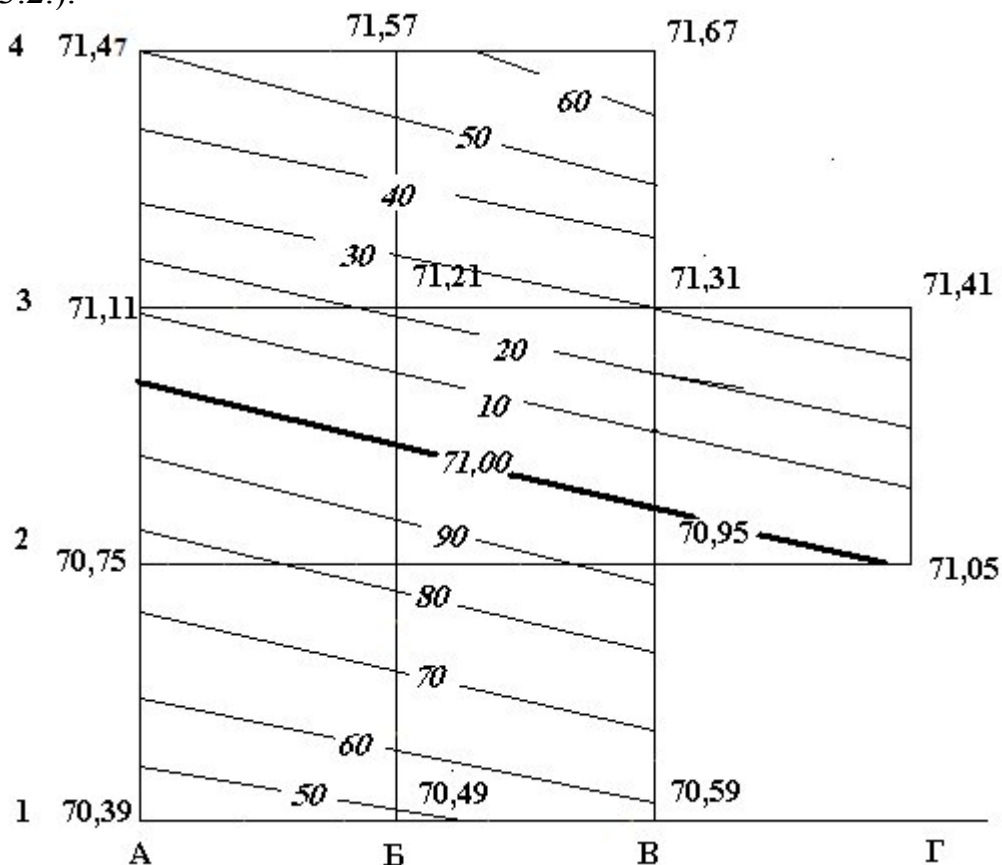


Рисунок 3.2 – План в проектных горизонталях.

Интерполирование горизонталей выполняют по всем сторонам квадратов. Горизонтالي проводят красным цветом. Горизонтали с отметками кратными 1 м проводят утолщенными и подписывают.

Контролем построения плана в проектных горизонталях является:

1. Точки с одноименными отметками, полученными в результате интерполирования сторон квадратов, должны располагаться на одной прямой.
2. Все проектные горизонтали в пределах одного проектируемого ската должны быть строго параллельны между собой.

4. Вариант II (частный пример). Проектирование наклонной площадки с соблюдением баланса земляных масс

В тех случаях, когда горизонтали располагаются параллельно сторонам сетки квадратов или под небольшим углом, проектный уклон планируемой поверхности может быть задан относительно какой-либо стороны квадрата, без определения центра тяжести участка. В этом случае вычисление проектных отметок вершин квадратов значительно упрощается.

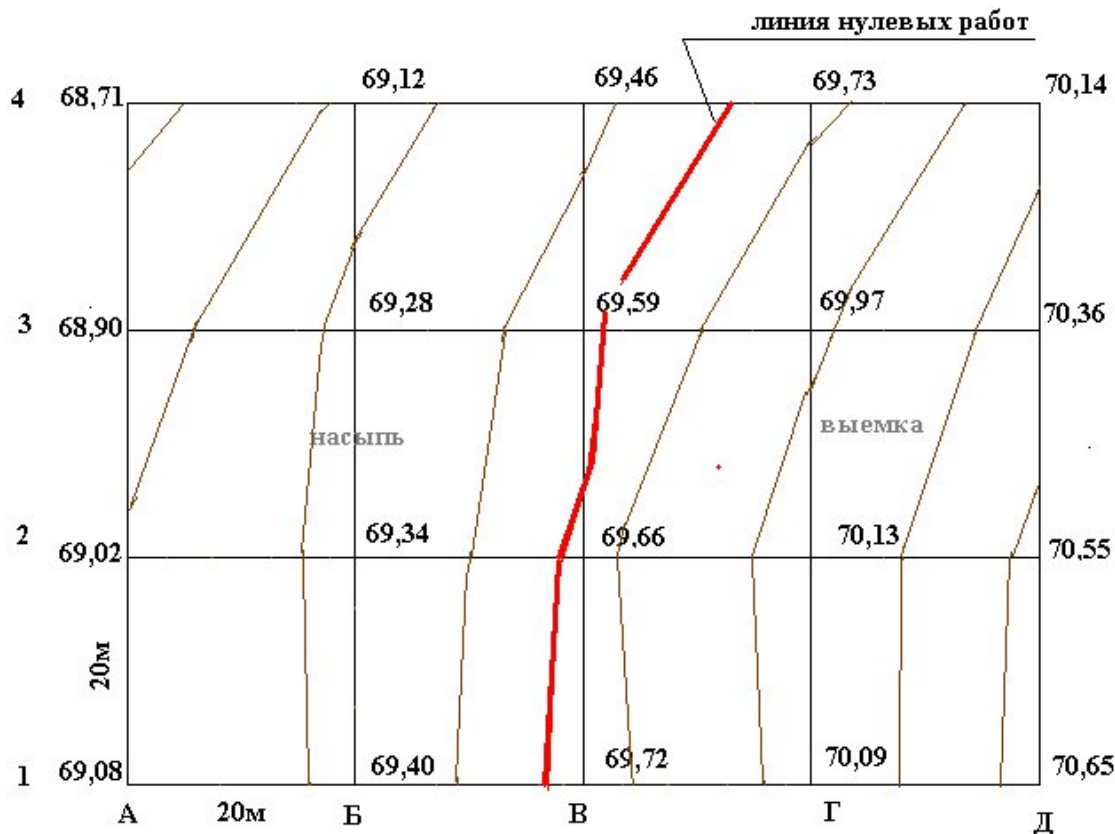


Рисунок 4.1 – Топографический план площадки, подлежащей планировке.

На рис. 4.1. представлен топографический план строительной площадки размером 60x80 м, разбитый на 12 квадратов со стороной квадрата 20 м.

Определены и подписаны на плане отметки фактической поверхности земли. Требуется выполнить проектирование наклонной площадки с соблюдением баланса земляных работ.

Заданный проектный уклон строительной площадки $i_0 = +0,021$ или 21%. Направление уклона в сторону повышения ската местности с запада на восток, т. е. от стороны А1–А4 к стороне Д1–Д4.

В этом случае проектный уклон по оси – X равен 0, т. е. $i_x = 0$, по оси – Y проектный уклон максимальный $i_y = 21\%$.

Составление картограммы земляных работ и вычисление объемов земляных масс

Исходные данные:

- топографический план нивелирования поверхности по квадратам (рис. 1.3.);

- максимальный уклон планировочной поверхности $i_0 = 0,021$

1. Определяют проектную (среднюю) отметку горизонтальной площадки при условии баланса земляных работ.

$$H_{np} = \frac{SH_1 + 2SH_2 + 3SH_3 + 4SH_4}{4n}, \quad (4.1)$$

Для облегчения расчетов переходят к условным отметкам (см. 2.2). Принимаем условную отметку $H_{услов} = 68,70$ м для вычисления условных отметок в каждой вершине квадрата

$$H_{np} = H_{мин} + \frac{Sh\phi_1 + 2Sh\phi_2 + 3Sh\phi_3 + 4Sh\phi_4}{4n}, \quad (4.2)$$

$$Sh\phi_1 = 0,01 \text{ м} + 1,44 \text{ м} + 1,95 \text{ м} + 0,38 \text{ м} = 3,78 \text{ м}$$

$$Sh\phi_2 = 0,42 \text{ м} + 0,76 \text{ м} + 1,03 \text{ м} + 1,66 \text{ м} + 1,85 \text{ м} + 1,39 \text{ м} + 1,02 \text{ м} + 0,70 \text{ м} + 0,32 \text{ м} + 0,20 \text{ м} = 9,35 \text{ м}$$

$$Sh\phi_3 = 0$$

$$Sh\phi_4 = 0,58 \text{ м} + 0,89 \text{ м} + 1,27 \text{ м} + 1,43 \text{ м} + 0,96 \text{ м} + 0,64 \text{ м} = 5,77 \text{ м}$$

$$H_{np} = 68,70 \text{ м} + \frac{3,78 \text{ м} + 2 \cdot 9,35 \text{ м} + 4 \cdot 5,77 \text{ м}}{4 \cdot 2} @ 69,65 \text{ м}. \quad (4.3)$$

2. Вычисляют рабочие отметки Dh вершин квадратов по формуле:

$$Dh = H_{np} - H_{фактич}, \quad (4.4)$$

где H_{np} – проектная отметка вершины квадрата; $H_{фактич}$ – фактическая отметка вершины квадрата (отметка поверхности земли) этой же вершины квадрата.

3. Определяют положение точек нулевых работ и отмечают их на сторонах квадратов. Полученные точки нулевых работ соединяют и получают линию нулевых работ (см. рис. 4.1.).

Полученная линия нулевых работ является границей перехода насыпей в выемку при вертикальной планировке существующего рельефа в горизонтальную поверхность.

4. С целью уменьшения объемов насыпей и выемок и для обеспечения стока ливневых вод задают уклон проектной площадки, направление которого примерно совпадает с направлением естественного уклона физической поверхности земли.

Для обеспечения баланса земляных масс горизонтальную плоскость необходимо «повернуть» вокруг линии нулевых работ до заданного уклона.

Для упрощения геодезических расчетов и, учитывая направление естественного уклона строительной площадки, «поворот» горизонтальной плоскости следует выполнить вокруг стороны В1–В4 (условно – просто сторона В) – это ближайшая сторона к линии нулевых работ. Этой стороне квадратов придается вычисленное значение проектной отметки:

$$H_{B1-B4} = H_{np} = 69,65 \text{ м.}$$

Рисунок 4.2 – Расчет проектных превышений наклонной планировочной поверхности

5. Вычисляют проектные отметки сторон квадратов: А, Б, Г и Д (рис. 4.2.)

$$H_A = H_B + h_{AB}, \quad (4.5)$$

где h_{AB} – проектное превышение между сторонами А и В.

$$h_{AB} = i_0 \times D_{AB}, \quad (4.6)$$

где D_{AB} – расстояние между сторонами квадратов А и В.

В этих формулах уклон со знаком минус означает понижение ската от точки В, соответственно, уклон со знаком «+» указывает на повышение.

$$H_A = 69,65 \text{ м} + (-0,021) \times 40,0 = 69,65 \text{ м} - 0,84 \text{ м} = 68,81 \text{ м}$$

$$H_B = 69,65 \text{ м} + (-0,021) \times 20,0 = 69,65 \text{ м} - 0,42 \text{ м} = 69,23 \text{ м}$$

$$H_G = 69,65 \text{ м} + 0,021 \times 20,0 = 69,65 \text{ м} + 0,42 \text{ м} = 70,07 \text{ м}$$

$$H_D = 69,65 \text{ м} + 0,021 \times 40,0 = 69,65 \text{ м} + 0,84 \text{ м} = 70,49 \text{ м}$$

Вычисленные проектные отметки выписывают на картограмму земляных работ (рис. 4.3.).

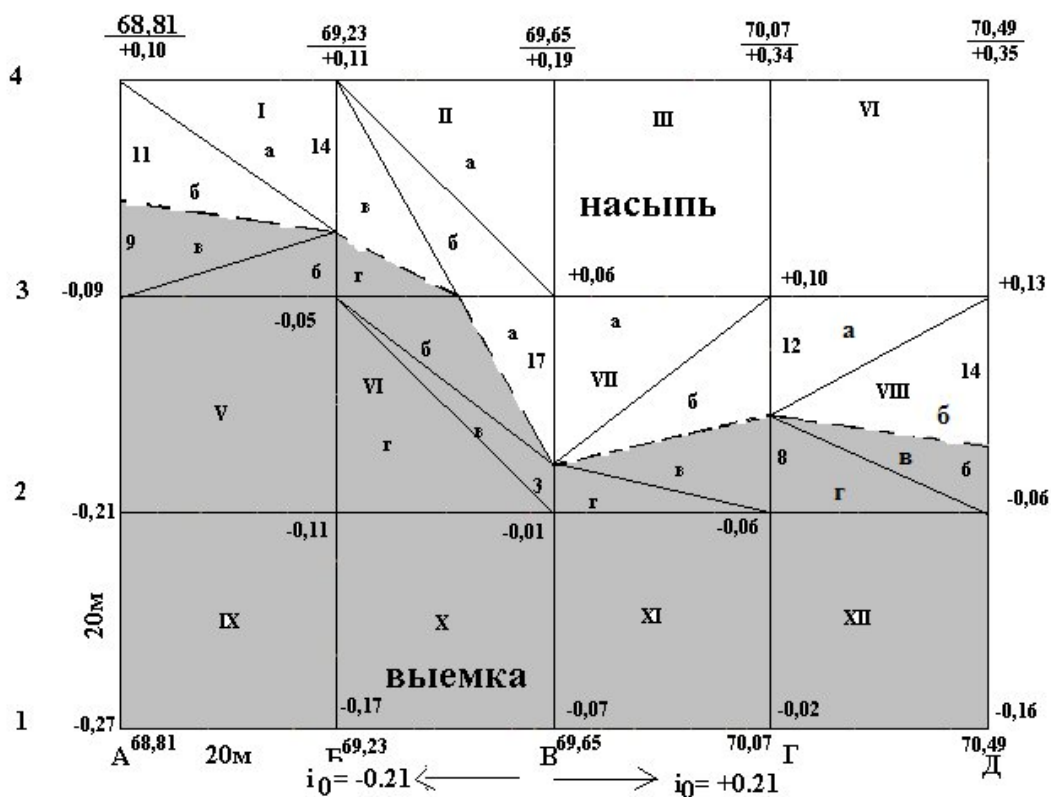


Рисунок 4.3 – Картограмма земляных масс

6. Вычисляют рабочие отметки Dh для всех вершин квадратов по формуле:

$$Dh_{ij} = H_{пр.ij} - H_{факт.ij}, \quad (4.7)$$

где ij – номера вершин соответствующих квадратов;

$$Dh_{A1} = 68,81 - 69,08 = - 0,27 \text{ м}$$

$$Dh_{A2} = 68,81 - 69,02 = - 0,21 \text{ м}$$

$$Dh_{A3} = 68,81 - 68,90 = - 0,09 \text{ м}$$

$$Dh_{A4} = 68,81 - 68,71 = + 0,17 \text{ м}$$

$$Dh_{B1} = 69,23 - 69,40 = - 0,17 \text{ м}$$

$$Dh_{B2} = 69,23 - 69,34 = - 0,11 \text{ м}$$

и т.д.

Рабочие отметки выписывают на картограмму земляных масс у соответствующих вершин.

7. Проектирование наклонной площадки.

Определяют положение точек нулевых работ на сторонах квадратов, где рабочие отметки имеет противоположные знаки. Соединяя точки нулевых работ, получают линию нулевых работ (рис. 4.3.).

Вычисляют объем земляных масс, все вычисления объемов записывают в ведомость.

Таблица 4.1 – Ведомость вычисления объемов земляных масс

Номер квадратов	Номер фигуры в квадрате	Площадь фигуры, м ²	Средняя рабочая отметка, м	Объемы земляных работ, м ³	
				Выемка (-)	Насыпь (+)
I	а	140	+0.07	-	9,8
	б	110	+0,03	-	3,3
	в	90	-0,03	2,7	-
	г	60	-0,05	3,0	-
II	а	200	+0,12	-	24,0
	б	110	+0,06	-	6,6
	в	63	+0,04	-	2,5
	г	27	-0,02	0,5	-
III	-	400	+0,17	-	68,0
IV	-	400	+0,23	-	92,0
V	-	400	-0,12	48,0	-
VI	а	94	+0,02	-	1,9
	б	76	-0,02	1,5	-
	в	30	-0,02	0,6	-
	г	200	-0,06	12,0	-
VII	а	170	+0,05	-	8,5
	б	120	+0,03	-	3,6
	в	80	-0,02	1,6	-
	г	30	-0,02	0,6	-

VIII	а	120	+0,08	-	9,6
	б	140	+0,04	-	5,6
	в	60	-0,02	1,2	-
	г	80	-0,04	3,2	-
IX	-	400	-0,19	76,00	-
X	-	400	-0,09	36,00	-
XI	-	400	-0,04	16,00	-
XII	-	400	-0,08	32,00	-
		$\Sigma = 4710$		$\overset{n}{\underset{1}{\mathring{a}}} V_{\text{выемки}} = 234,9$	$\overset{n}{\underset{1}{\mathring{a}}} V_{\text{насыпи}} = 235,4$

Вычисляют объемы выемок и насыпей:

$$V_v = \overset{n}{\underset{1}{\mathring{a}}} V_{\text{выемки}}, \quad V_n = \overset{n}{\underset{1}{\mathring{a}}} V_{\text{насыпи}}. \quad (4.8)$$

Определяют абсолютную величину их разности:

$$|DV| = |V_v| - |V_n| = 0,5 \text{ м}^3. \quad (4.9)$$

Отношение DV к общей сумме насыпей и выемок, выраженное в процентах, характеризует баланс земляных масс:

$$\frac{|DV|}{|V_v| + |V_n|} = \frac{0,5}{234,9 + 235,4} \times 100\% \approx 0,11\%. \quad (4.10)$$

Контрольные вопросы

1. В чем сущность нивелирования по квадратам?
2. Какие существуют способы геометрического нивелирования?
3. По какой формуле вычисляется проектная отметка при проектировании горизонтальной площадки?
4. Как вычисляются и контролируются рабочие отметки при проектировании горизонтальной площадки?
5. Что называется точкой нулевых работ и как ее определить?
6. Что такое картограмма земляных работ и как она составляется?
7. Как определяется положение точки нулевых работ при составлении картограммы земляных работ?
8. Как вычисляется объем земляных работ при планировке горизонтальной площадки?
9. Как вычисляются проектные отметки вершин квадратов при проектировании наклонно площадки?

10. Назначение построения плана в проектных горизонталях.

Библиографический список

1. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия / Г.А. Федотов. – М. : Высшая школа, 2009. – 463 с.
2. Ключин, Е.Б. Инженерная геодезия / Е.Б. Ключин [и др.]. – М. : Academia, 2004. - 479 с.
3. Кулешов, Д.А. Инженерная геодезия / Д.А. Кулешов, Г.Е. Стрельников, Г.Е. Рязанцев. – М. : Картгеоцентр – геодезиздат, 1996. – 303 с.
4. Федоров, В.И. Инженерная геодезия / В.И. Федоров, П.И Шилов. – М. : Недра, 1982. – 356 с.
5. Хейфец, В.С. Практикум по инженерной геодезии / В.С. Хейфец, Б.Б. Данилевич. – М. : Недра, 1979. – 331 с.
6. Пятизначные таблицы натуральных значений тригонометрических функций (Главная редакция физико-математической литературы). – М. : Наука, 1978. – 367 с.

Приложение 1

Журнал нивелирования поверхности по квадратам

1. Отметка репера № 483 $H_{рн} = 66,106$ м;
2. Топографический план построить в масштабе – 1:500, высота сечения рельефа – 0,25 м;
3. Длина стороны квадрата $a = 20$ м

Приложение 2**Индивидуальные задания**

Варианты	Отметка репера (м)	Масштаб плана	Высота сечения рельефа (м)	Сторона квадрата (м)
1	64,726	1:500	0,25	20
2	66,106	1:500	0,25	20
3	68,346	1:500	0,25	20
4	69,906	1:500	0,25	20
5	72,336	1:500	0,25	20
6	72,946	1:500	0,25	20
7	72,266	1:500	0,25	20
8	76,806	1:500	0,25	20
9	78,136	1:500	0,25	20
10	79,426	1:500	0,25	20
11	80,726	1:500	0,25	20
12	71,387	1:500	0,25	20
13	72,677	1:500	0,25	20
14	73,967	1:500	0,25	20
15	72,257	1:500	0,25	20
16	76,547	1:500	0,25	20
17	57,337	1:500	0,25	20

Продолжение приложения 2

Индивидуальные задания

18	61,108	1:500	0,25	20
19	74,848	1:500	0,25	20
20	76,138	1:500	0,25	20
21	88,038	1:500	0,25	20
22	90,618	1:500	0,25	20
23	99,648	1:500	0,25	20
24	102,518	1:500	0,25	20
25	108,968	1:500	0,25	20

Лазарева Алианна Александровна

Вертикальная планировка
Методические указания по дисциплине:
МДК 01.02 Выполнение топографических съемок и
оформление их результатов

для студентов очного, заочного и дистанционного образовательного
обучения специальности 21.02.19 «Землеустройство»

ФГБОУ ВО ИрГАУ
664038, п. Молодежный гл. корпус Иркутского ГАУ