

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания

к выполнению лабораторных работ по дисциплинам
«Технология строительного производства», «Строительство
автомобильных дорог» для студентов специальностей
1-70 02 01 "Промышленное и гражданское строительство",
1-27 01 01 "Экономика и организация производства
(строительство)", 1-70 03 01 "Строительство автомобильных
дорог", 1-74 04 01 "Сельское строительство и обустройство
территорий" дневной и заочной форм обучения

Часть 1

Брест 2014

УДК 69.057

Задания и методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Технология строительного производства» и «Строительство автомобильных дорог» соответствуют учебным программам и охватывают наиболее важные разделы дисциплин.

Указания предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения специальностей 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство», 1-70 03 01 «Строительство автомобильных дорог», 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (строительство)», 1-74 04 01 «Сельское строительство и обустройство территорий».

В указаниях изложена методика выполнения лабораторных работ по технологическому проектированию комплекса работ по вертикальной планировке строительной площадки, где используются программы, разработанные на кафедре ТСП.

Указания рекомендуются также и для использования при разработке раздела ТСП при выполнении дипломного проекта.

Методические указания позволят студентам изучить и применить теоретический материал для определения объемов грунтовых масс при вертикальной планировке площадок, расчета среднего расстояния перемещения грунтовых масс при проектировании технологии производства земляных работ, а также получить практические навыки определения коэффициента уплотнения грунта при возведении земляных сооружений.

СОСТАВИТЕЛИ: Н.В. Лешкевич, ст. преподаватель
В.Н. Пчелин, доцент
Н.В. Черноиван, доцент, к.т.н.
В.П. Щербач, доцент
Г.И. Юськович, доцент, к.т.н.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Лабораторная работа №1.....	5
1.1. Цель и задачи лабораторной работы.....	5
1.2. Исходные данные для выполнения лабораторной работы.....	5
1.3. Определение объемов работ.....	8
1.3.1. Способы определения объемов.....	8
1.3.2. Разбивка строительной площадки на квадраты.....	8
1.3.3. Разбивка строительной площадки на треугольники.....	8
1.3.4. Определение черных отметок вершин квадратов и треугольников (отметок поверхности земли).....	8
1.3.5. Определение средней планировочной отметки.....	10
1.3.6. Определение красных отметок вершин(отметок проектной плоскости).....	10
1.3.7. Определение рабочих отметок вершин.....	11
1.3.8. Построение линии нулевых работ (л.н.р.).....	11
1.3.9. Определение частных объемов.....	12
1.3.10. Построение линии откосов.....	15
1.3.11. Определение объемов откосов.....	15
1.3.12. Составление сводной балансовой ведомости.....	16
1.4. Расчет объемов земляных масс при планировке площадки с помощью программы "TSP".....	17
1.4.1. Ввод данных.....	18
1.4.2. Вывод результатов.....	21
1.4.3. Результаты расчета объемов грунтовых масс при вертикальной планировке строительной площадки, приведенной на рисунке 1.3.2.....	22
1.5. Определение объемов подготовительно-заключительных и вспомогательных земляных работ.....	25
1.6. Оценка результатов расчета объемов грунтовых масс, выполненного методом треугольных и квадратных призм.....	27
1.7. Выполнение лабораторной работы и составление отчета.....	27
1.8. Составление ведомости земляных масс.....	28
1.9. Контрольные вопросы к ЛР № 1.....	28
Лабораторная работа №2.....	29
2.1. Цель и задачи лабораторной работы.....	29
2.2. Выбор метода определения L_{cp}	30
2.3. Определение приведенных объемов пунктов выемки и насыпи.....	30
2.4. Определение положения центров тяжести пунктов выемки и насыпи.....	32
2.5. Определение среднего расстояния перемещения грунта.....	33
2.5.1. Определение среднего расстояния перемещения грунта аналитическим методом.....	33
2.5.2. Определение среднего расстояния перемещения грунта на основе шахматной балансовой ведомости.....	34
2.5.3. Составление картограммы распределения грунта земляных масс.....	37
2.6. Анализ результатов, полученных при определении L_{cp}^{ln} , полученного аналитическим методом и методом шахматного баланса.....	38
2.7. Выполнение лабораторной работы и составление отчета.....	38
2.8. Контрольные вопросы.....	38

ВВЕДЕНИЕ

Снижение стоимости, сокращение сроков, повышение производительности труда и качества строительных работ может привести к существенному экономическому эффекту.

В связи с этим повышение знаний будущих инженеров-строителей в области технологии строительного производства, оценке качества строительных работ имеет большое значение. Выполнение лабораторных работ по кафедре «Технология строительного производства» позволит студентам углубить и расширить теоретические знания, получить практические навыки при проектировании технологии и выполнении строительного-монтажных работ, более глубоко и подробно ознакомиться с действующими техническими нормативными правовыми документами в области строительного производства.

Задания и методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Технология строительного производства», «Строительство автомобильных дорог» соответствуют учебным программам и охватывают наиболее важные разделы дисциплины, которые изучаются студентами специальностей 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство», 1-70 03 01 «Строительство автомобильных дорог», 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (строительство)», 1-74 04 01 «Сельское строительство и обустройство территорий».

Методические указания позволят студентам изучить и применить теоретический материал для определения объемов грунтовых масс при вертикальной планировке площадок, расчета среднего расстояния перемещения грунта из выемки в насыпь площадки, при проектировании технологии производства земляных работ, а также получить практические навыки определения коэффициента уплотнения грунта при возведении земляных сооружений.

Лабораторная работа №1

Оценка результатов расчета объемов грунтовых масс выполненного методом треугольных и квадратных призм

1.1. Цель и задачи лабораторной работы

Целью выполнения лабораторной работы является закрепление теоретических знаний и их практическое применение при определении объемов грунтовых масс методами треугольных и квадратных призм при вертикальной планировке площадки под нулевой баланс либо под заданную отметку, а также сравнительный анализ результатов расчета этими методами в зависимости от рельефа местности.

В процессе выполнения работы студенты производят расчет объемов грунтовых масс при вертикальной планировке площадки методами треугольных и квадратных призм с применением компьютерной программы и частичным повторением расчетов вручную. Определяется абсолютная и относительная разница в результатах расчетов по двум методам, выполняется сравнительный анализ.

1.2. Исходные данные для выполнения лабораторной работы

Исходные данные устанавливаются по шифру студента, который состоит из первой буквы фамилии и двух последних цифр зачетной книжки.

Положение левого нижнего угла площадки определяется по плану участка на пересечении линий первой буквы и последней цифры шифра. Сама площадка распространяется вправо на три и вверх – на два квадрата. Значение горизонтали n соответствует цифрам шифра.

Основной способ определения объемов планировочных работ определяется суммой цифр шифра:

- способ треугольных призм – для нечетных значений суммы;
- способ квадратных призм – для четных значений.

Вид разрабатываемого грунта (n – песок, $сп$ – супесь, $сг$ – суглинок, $г$ – глина), способ планировки площадки ($НБ$ – нулевой баланс, $НЗ$ – заданная отметка), значения уклонов и их направление определяются по таблице 1.2.1 и примечанию. Размер стороны квадрата a , шаг горизонталей $ш$ и дальность транспортирования грунта L – по таблице 1.2.2.

Пример:

Для шифра **И23** площадка на плане участка выделена штриховкой. Значение горизонтали $n=23$ м. Объемы планировочных работ определяются по способу треугольных призм. Вид разрабатываемого грунта – глина, способ планировки – заданная отметка. Уклоны: $i_1=+0,004$ (направление уклона совпадает с направлением i_1 на плане участка); $i_2=-0,003$ (направление уклона противоположно направлению i_2 на плане участка, т.е. уклон направлен вниз). Размер стороны квадрата $a=75$ м, шаг горизонталей $ш=0,5$ м, дальность транспортирования грунта – $L=4$ км.

Отчет по лабораторной работе оформляется на стандартных листах формата А4 (210×297 мм) в соответствии со Стандартом университета и содержит следующие разделы:

- исходные данные для выполнения лабораторной работы;
- определение черных, красных и рабочих отметок;
- построение линии нулевых работ и линии откосов;
- определение объемов выемки и насыпи, как объемов частных фигур;
- составление сводной балансовой ведомости;
- определение абсолютной и относительной разницы в результатах расчетов по методу треугольных и квадратных призм, сравнительный анализ результатов.

Таблица 1.2.1

Первая буква шифра	Грунт	Планировка	Значение уклона i_1	Значение уклона i_2
А	г	H_3	0,001	0,001
Б	сг	$HБ$	0,002	0,001
В	сп	H_3	0,003	0,001
Г	п	$HБ$	0,004	0,002
Д	г	H_3	0,005	0,002
Е	сг	$HБ$	0,001	0,002
Ж	сп	H_3	0,002	0,003
З	п	$HБ$	0,003	0,003
И	г	H_3	0,004	0,003
К	сг	$HБ$	0,005	0,002
Л	сп	H_3	0,001	0,000
М	п	$HБ$	0,003	0,001
Н	г	H_3	0,000	0,004
О	сг	$HБ$	0,000	0,005
П	сп	H_3	0,003	0,002
Р	п	$HБ$	0,001	0,004
С	г	H_3	0,001	0,003
Т	сг	$HБ$	0,005	0,000
У	сп	H_3	0,003	0,002
Ф	п	$HБ$	0,002	0,003
Х	г	H_3	0,001	0,003
Ц	сг	$HБ$	0,002	0,004
Ч	сп	H_3	0,001	0,003
Ш	п	$HБ$	0,003	0,002
Щ	г	H_3	0,003	0,003
Э	сг	$HБ$	0,004	0,003
Ю	сп	H_3	0,005	0,002
Я	п	$HБ$	0,002	0,004

Таблица 1.2.2

Цифра шифра	Размер стороны квадрата, м (по последней цифре шифра)	Шаг горизонталей, м (по первой цифре шифра)	Дальность транспортирования грунта, км (по последней цифре шифра)
1	85	1,3	5,0
2	45	0,5	4,5
3	75	1,1	4,0
4	70	0,9	3,5
5	60	0,8	3,0
6	65	0,7	2,5
7	55	1,0	2,0
8	50	0,6	1,5
9	80	1,2	1,0
0	40	0,4	0,3

- Примечания: 1. Направление уклона i_1 принимается по первой цифре шифра. Для четных значений направление уклона совпадает с направлением i_1 на плане участка, для нечетных значений направление уклона i_1 имеет противоположное направление.
2. Направление уклона i_2 принимается по последней цифре шифра. Для четных значений направление уклона совпадает с направлением i_2 на плане участка, для нечетных значений направление уклона i_2 имеет противоположное направление.

$$3. H_3 = \frac{H_{max} + H_{min}}{2},$$

где (H_{min} – наименьшее значение черной отметки, м; H_{max} – наибольшее значение черной отметки, м).

1.3. Определение объемов работ

1.3.1. Способы определения объемов

Для определения объемов грунтовых масс площадку разбивают на элементарные фигуры, находят объем каждой из фигур и затем суммируют эти объемы.

В зависимости от того, на какие фигуры в плане разбивается площадка, существуют следующие способы определения объемов планировочных работ:

- способ квадратных призм (площадку разбивают на квадраты);
- способ треугольных призм (квадраты дополнительно разбивают диагональю на треугольники).

Из указанных способов самым точным является способ треугольных призм, а самым простым - способ квадратных призм.

1.3.2. Разбивка строительной площадки на квадраты

Сторону квадрата при разбивке принимают такой, чтобы через квадрат проходило не менее одной, но не более двух горизонталей (рисунок 1.3.1). В этом случае обеспечивается максимальная точность расчетов при минимальных затратах труда или машинного времени (в задании площадка уже разбита на квадраты).

1.3.3. Разбивка строительной площадки на треугольники

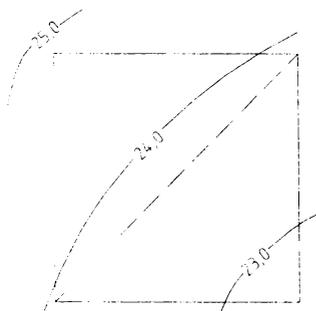


Рисунок 1.3.1 – Проведение диагонали в квадрате

При определении объемов способом треугольников каждый квадрат дополнительно разбивается диагональю на треугольники. Диагональ в квадрате проводится по изломам рельефа, рисунок 1.3.1. Разбивка площадки на треугольники приведена на рисунке 1.3.2.

1.3.4. Определение черных отметок вершин квадратов и треугольников (отметок поверхности земли)

Осуществляется графо-аналитическим методом на основе интерполяции (рисунок 1.3.2), если вершина расположена между горизонталями (вершина 2), или экстраполяции, если вершина расположена за пределами горизонталей (вершина 1).

Для этого через вершину проводится прямая до пересечения с рядом расположенными двумя горизонталями, таким образом, чтобы расстояние между этими горизонталями по этой прямой было минимальным (т.е. прямая должна являться линией наибольшего ската).

Черная отметка i -й вершины определяется по формуле:

$$H_i = H \pm \frac{\Delta \cdot b}{l_{\min}}, \text{ м,} \quad (1.3.1)$$

где H – отметка ближайшей к вершине горизонтали, м;

Δ – разность между большей и меньшей отметками смежных горизонталей, м;

b – расстояние от вершины i до ближайшей горизонтали;

l_{\min} – наименьшее расстояние между смежными горизонталями по прямой, проходящей через рассматриваемую вершину;

b и l_{\min} определяются посредством замеров на плане площадки, мм или см.

Знак «плюс» ставится в том случае, если при движении от ближайшей горизонтали к вершине происходит подъем, а знак «минус», если спуск.

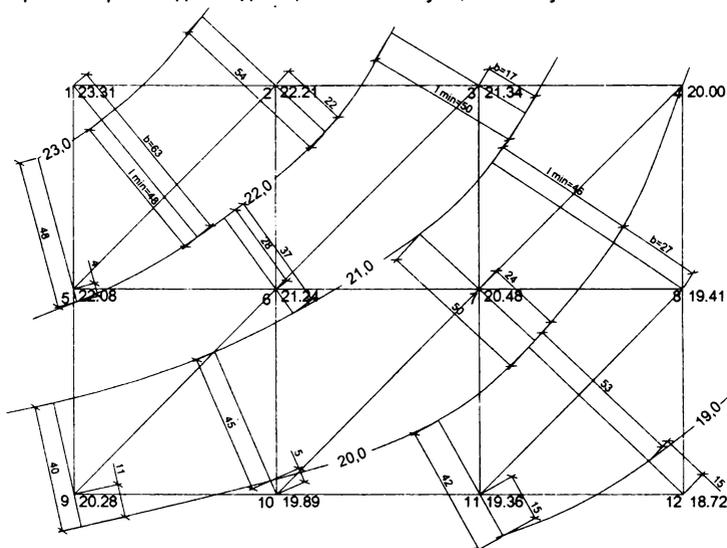


Рисунок 1.3.2 – Схема к определению черных отметок поверхности земли

Например, для вершины №1 на рисунке 1.3.2

Если принять $H = 22,0$ м; $\Delta = 23,0 - 22,0 = 1,0$ м; тогда $b = 63$; $l_{\min} = 48$

$H_1 = 22,0 + 1,0 \cdot 63 / 48 = 23,31$ м.

Если принять $H = 23,0$ м; $\Delta = 23,0 - 22,0 = 1,0$ м; тогда $b = 63 - 48 = 15$ и $l_{\min} = 48$

$H_1 = 23,0 + 1,0 \cdot 15 / 48 = 23,31$ м.

Для остальных вершин:

$H_2 = 22,0 + 1,0 \cdot 22 / 54 = 22,21$ м.

$H_3 = 21,0 + 1,0 \cdot 17 / 50 = 21,34$ м.

$H_4 = 20,00$ м.

$H_5 = 22,0 + 1,0 \cdot 4 / 48 = 22,08$ м.

$H_6 = 22,0 - 1,0 \cdot 28 / 37 = 21,24$ м.

$H_7 = 20,0 + 1,0 \cdot 24 / 50 = 20,48$ м.

$H_8 = 20,0 - 1,0 \cdot 27 / 46 = 19,41$ м.

$H_9 = 20,0 + 1,0 \cdot 11 / 40 = 20,28$ м.

$H_{10} = 20,0 - 1,0 \cdot 5 / 45 = 19,89$ м.

$H_{11} = 19,0 + 1,0 \cdot 15 / 42 = 19,36$ м.

$H_{12} = 19,0 - 1,0 \cdot 15 / 53 = 18,72$ м.

Определение всех черных отметок оформляется в отчете по форме, приведенной выше.

1.3.5. Определение средней планировочной отметки

Существуют два способа планировки площадки:

— под нулевой баланс (при этом расчетом определяется такая отметка проектной плоскости, которая обеспечивает равенство объемов выемки и насыпи, т.е. в этом случае грунт перемещается только в пределах строительной площадки);

— под заданную отметку (при этом отметка проектной плоскости задана, что определяет возможность существенного отличия объемов выемки и насыпи и приводит к увеличению затрат на транспортирование грунта).

Таким образом, определение средней планировочной отметки производится только в случае планировки под нулевой баланс по выражениям:

— для способа квадратных призм:

$$H_{CP}^{KB} = \frac{\sum H_1 + 2 \cdot \sum H_2 + 3 \cdot \sum H_3 + 4 \cdot \sum H_4}{4 \cdot n}, \text{ м}; \quad (1.3.2)$$

— для способа треугольных призм:

$$H_{CP}^{TP} = \frac{\sum H_1 + 2 \cdot \sum H_2 + 3 \cdot \sum H_3 + \dots + 8 \cdot \sum H_8}{3 \cdot n}, \text{ м}, \quad (1.3.3)$$

где $H_1, H_2, H_3, \dots, H_8$ – черные отметки вершин квадратов в формуле (1.3.2) или треугольников (1.3.3), принадлежащих, соответственно, одному, двум, трем...восьми квадратам или треугольникам, м;

n – количество квадратов в формуле (1.3.2) или треугольников – в формуле (1.3.3).

Например, для площадки, изображенной на рисунке 1.3.2:

$$H_{CP}^{KB} = \frac{(23.31 + 20.00 + 20.28 + 18.72 + 2) \cdot (21.21 + 21.34 + 19.41 + 19.36 + 19.89 + 22.08) + 4 \cdot (21.24 + 20.48)}{4 \cdot 6} = 20.74 \text{ м}$$

$$H_{CP}^{TP} = \frac{H_1 + H_{12} + 2 \times (H_4 + H_6) + 3 \times (H_2 + H_3 + H_5 + H_7 + H_{10} + H_{11}) + 6 \times (H_8 + H_9)}{3 \cdot 12} = \frac{(23.31 + 18.72) + 2 \cdot (20.00 + 20.28) + 3 \cdot (22.21 + 21.34 + 22.08 + 19.41 + 19.89 + 19.36) + 6 \cdot (21.24 + 20.48)}{3 \cdot 12} = 20.72 \text{ м}$$

1.3.6. Определение красных отметок вершин (отметок проектной плоскости)

Производим по выражению:

$$H_{ki} = (H_{CP}^{KB}, H_{CP}^{TP}; H_3) + i_1 \cdot X_i + i_2 \cdot Y_i, \text{ м}, \quad (1.3.4)$$

где i_1, i_2 – уклоны строительной площадки вдоль осей X и Y , соответственно;

X_i и Y_i – координаты вершины i в системе координат XOY , м;

H_3 – заданная планировочная отметка, м.

В формулу (1.3.4) в скобках подставляется:

— при планировке под нулевой баланс – $H_{CP}^{KB}; H_{CP}^{KB}$;

— при планировке под заданную отметку – $H_3 = \frac{23.31 + 18.72}{2} = 21.02 \text{ м}$

Для соблюдения нулевого баланса начало координат должно располагаться в центре площадки (рисунок 1.3.4). Направление оси X назначается противоположно направлению уклона i_1 , а оси Y – противоположно направлению i_2 .

Например, для вершины №3 (рисунок 1.3.3) красная отметка при планировке под нулевой баланс (по способу треугольных призм) равна:

$$H_{к3} = 20,72 + 0,002 \cdot (-15) + 0,001 \cdot (+30) = 20,72 \text{ м};$$

$$H_{к9} = 20,72 + 0,002 \cdot (+45) + 0,001 \cdot (-30) = 20,78 \text{ м}.$$

1.3.7. Определение рабочих отметок вершин

Осуществляем по формуле:

$$h_i = H_{кi} - H_i, \text{ м.} \quad (1.3.5)$$

Например, для вершины 2 (рисунок 1.3.4) рабочая отметка равна:

$$h_2 = 20,78 - 22,21 = -1,43 \text{ м}.$$

Если h_i меньше 0, значит, мы имеем дело с выемкой, если же h_i больше 0 – с насыпью.

1.3.8. Построение линии нулевых работ (л.н.р.)

Линия нулевых работ представляет собой линию пересечения проектной плоскости с поверхностью земли. Л.н.р. пересекает ту сторону квадрата или треугольника, на концах которой рабочие отметки имеют разный знак. Положение л.н.р. на стороне квадрата или треугольника определяется по формуле:

$$l_{i-j} = \frac{h_i \cdot b}{|h_i| + |h_j|}, \text{ м,} \quad (1.3.6)$$

где l_{i-j} – расстояние от вершины с номером i до точки, принадлежащей л.н.р., м;

h_i – рабочая отметка вершины с номером i , м;

h_j – рабочая отметка вершины j на другом конце пересекаемой л.н.р. стороны, м;

b – длина стороны квадрата или треугольника ("а" или "а $\sqrt{2}$ ", если пересекается диагональ), м.

Например, для стороны 3-4 (рисунок 1.3.3):

$$l_{3-4} = \frac{0,62 \cdot 30}{0,62 + 0,66} = 14,53 \text{ м};$$

$$l_{4-3} = \frac{0,66 \cdot 30}{0,62 + 0,66} = 15,47 \text{ м}$$

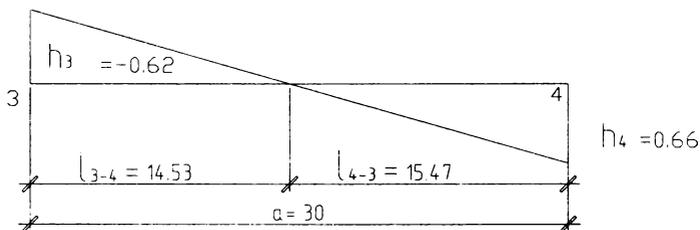


Рисунок 1.3.3 – Схема к определению положения л.н.р. аналитическим или графическим способом

При графическом расчете положение л.н.р. на стороне квадрата или треугольника определяется следующим образом: в вершинах откладываются в масштабе рабочие отметки и соединяются между собой. Точка пересечения этой линии со стороной квадрата или треугольника является точкой л.н.р.

Для построения л.н.р. полученные на сторонах точки соединяются между собой прямыми линиями (рисунок 1.3.4).

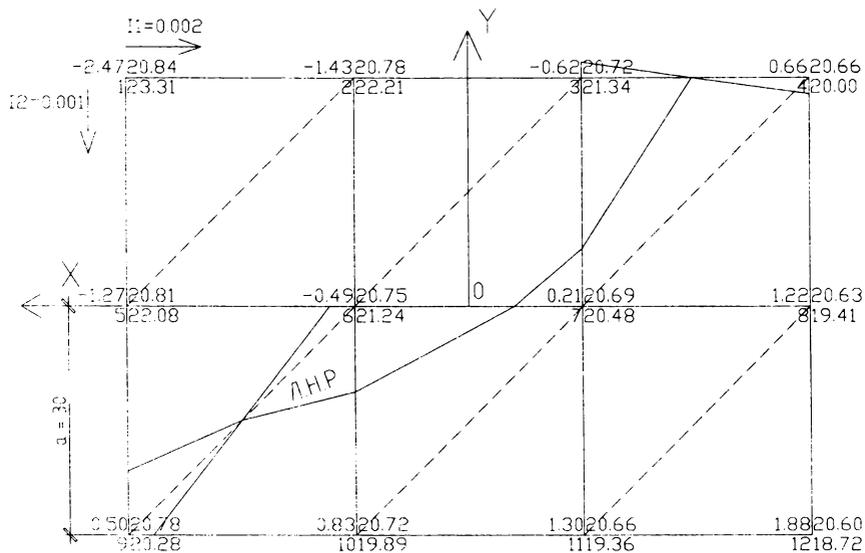
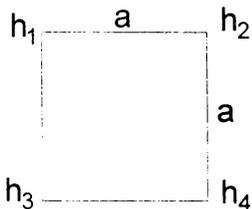


Рисунок 1.3.4 – Схема к определению красных, рабочих отметок и построению л.н.р.

1.3.9. Определение частных объемов

1.3.9.1. Определение частных объемов целых квадратов и треугольников (не пересекаемых л.н.р.)

а) при определении объемов способом квадратных призм (рисунок 1.3.5):



$$V_n = \frac{a^2 \cdot (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{4}, \quad (1.3.7)$$

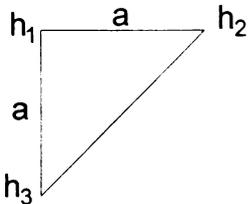
где h_1, h_2, h_3, h_4 – рабочие отметки вершин квадрата, м;
 a – длина стороны квадрата, м.

Для квадрата №1 на рисунке 1.4.2:

$$V_1 = \frac{30^2 \times (-2,45 - 1,41 - 0,47 - 1,25)}{4} = -1255,5 \text{ м}^3;$$

Рисунок 1.3.5 – Схема
 целого квадрата

б) при определении объемов способом треугольных призм (рисунок 1.3.6):



$$V_n = \frac{a^2 \cdot (h_1 + h_2 + h_3)}{6}, \quad (1.3.8)$$

где h_1, h_2, h_3 – рабочие отметки в вершинах треугольника, м.
Для треугольника №12 на рисунке 1.4.1:

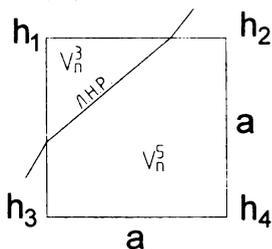
$$V_{12} = \frac{30^2 \times (1,22 + 1,88 + 1,30)}{6} = 660,00 \text{ м}^3.$$

Рисунок 1.3.6 – Схема целого треугольника

1.3.9.2. Определение объемов переходных квадратов и треугольников, пересекаемых л.н.р.

а) при определении объемов способом квадратных призм.

При переходном квадрате 1-го типа (рисунок 1.3.7) вначале по формуле (1.3.7) находим балансовый объем V_n . Затем находим объем треугольной части квадрата по формуле:



$$V_n^3 = \frac{a^2 \cdot h_1^3}{(|h_1| + |h_2|) \cdot (|h_1| + |h_3|) \times 6}, \quad (1.3.9)$$

где h_1 – рабочая отметка вершины, принадлежащей треугольной части квадрата, м;
 h_2, h_3 – рабочие отметки вершин, располагаемых по сторонам квадрата напротив вершины с отметкой h_1 , м.

На заключительном этапе находим объем пятиугольной части квадрата V_n^5 :

$$V_n^5 = V_n - V_n^3, \text{ м}^3, \quad (1.3.10)$$

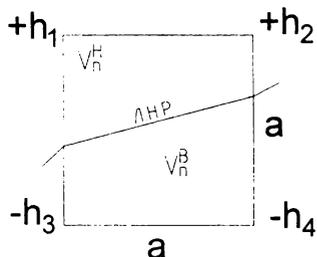
Для квадрата №2 на рисунке 1.4.1 объемы равны:

$$V_2 = \frac{30^2 \cdot (-1,41 - 0,60 + 0,23 - 0,47)}{4} = -506,25 \text{ м}^3;$$

$$V_2^3 = \frac{30^2 \cdot (0,23)^3}{6 \times (|0,23| + |-0,47|) \cdot (|0,23| + |-0,60|)} = +3,14 \text{ м}^3;$$

$$V_2^5 = -506,25 - (3,14) = -509,39 \text{ м}^3.$$

При переходном квадрате 2-го типа (рисунок 1.4.2) объемы насыпи и выемки определяются по выражениям:



$$V_n^H = \frac{a^2}{4} \cdot \left(\frac{h_1^2}{|h_1| + |h_3|} \cdot \frac{h_2^2}{|h_2| + |h_4|} \right), \text{ м}^3; \quad (1.3.11)$$

$$V_n^B = \frac{a^2}{4} \cdot \left(\frac{h_3^2}{|h_3| + |h_1|} + \frac{h_4^2}{|h_4| + |h_2|} \right), \text{ м}^3. \quad (1.3.12)$$

В выражениях (1.3.11, 1.3.12) знак объема определяется знаком рабочих отметок в числителе.

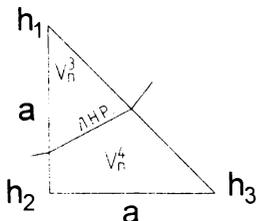
Рисунок 1.3.8 – Схема переходного квадрата 2-го типа

Для квадрата №4 объемы выемки и насыпи равны (рисунок 1.4.2):

$$V_4^* = \frac{30^2}{4} \cdot \left(\frac{(-1,25)^2}{|-1,25| + |0,52|} + \frac{(-0,47)^2}{|-0,47| + |0,85|} \right) = -236,28,6 \text{ м}^3;$$

$$V_4^H = -\frac{30^2}{4} \cdot \left(\frac{(0,52)^2}{|0,52| + |-1,25|} + \frac{(0,85)^2}{|0,85| + |-0,47|} \right) = +157,53 \text{ м}^3;$$

б) при определении объемов способом треугольных призм.



Вначале по формуле (1.3.8) находим балансовый объем V_n . Затем находим объем треугольной части треугольника:

$$V_n^3 = \frac{a^2 \cdot h_1^3}{6 \cdot (|h_1| + |h_2|) \cdot (|h_1| + |h_3|)}, \text{ м}^3. \quad (1.3.13)$$

Объем четырехугольной части треугольника равен:

$$V_n^4 = V_n - V_n^3, \text{ м}^3. \quad (1.3.14)$$

В формулах "n" – номер квадрата или треугольника.

Рисунок 1.3.9 – Схема переходного треугольника

Для треугольника №5 на рисунке 1.4.1:

$$V_5 = \frac{30^2 \cdot (-0,62 + 0,21 + 0,66)}{6} = 37,50 \text{ м}^3;$$

$$V_5^3 = \frac{30^2 \cdot (-0,62)^3}{6 \cdot (|-0,62| + |0,66|) \cdot (|-0,62| + |0,21|)} = -33,65 \text{ м}^3;$$

$$V_5^4 = -37,50 + 33,65 = 71,15 \text{ м}^3.$$

1.3.10. Построение линии откосов

Откосы устраиваются с целью обеспечения устойчивости планировочной площадки, как разновидности постоянного земляного сооружения. Угол откоса постоянных земляных сооружений принимается не более угла естественного откоса грунта в разрыхленном состоянии.

Таблица 1.3.1 – Значения m для постоянных выемок и насыпей

Состояние грунта	Грунт						
	песок			супесь	суглинок		глина
	мелко-зернистый	среднезернистый	крупно-зернистый		легкий	средний	
Сухой	2,25	2,0	1,75	1,75	1,25	0,75	1,0
Влажный	1,75	1,5	1,5	1,75	1,75	1,25	1,5
Мокрый	2,75	2,25	2,0	2,75	2,75	4,75	3,75

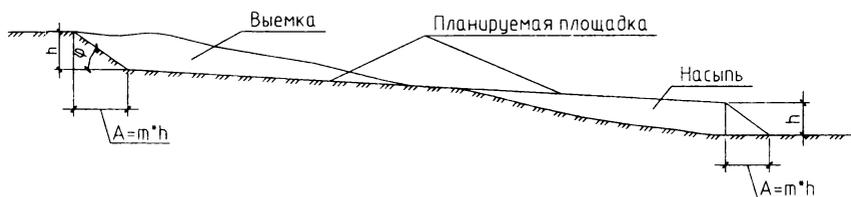


Рисунок 1.3.10 – Схема к определению заложения откосов

Крутизна откоса определяется отношением высоты откоса h к заложению откоса A , т.е. $tg\phi$. Заложение откоса является горизонтальной проекцией откоса. Коэффициент откоса m – величина обратная крутизне откоса.

Принимаем, что за пределами строительной площадки поверхность земли горизонтальна (рисунок 1.3.10), в этом случае заложение откоса в каждой из вершин треугольников или квадратов по контуру площадки определяется по формуле:

$$A = m \times h, \text{ м}, \quad (1.3.15)$$

где m – коэффициент откоса, принимаемый по таблице 1.3.1;

h – рабочая отметка, м.

Для построения линии откосов по контуру площадки откладываем в вершинах вычисленные заложения и полученные точки соединяем прямыми (рисунок 1.4.1, 1.4.2).

1.3.11. Определение объемов откосов

1. Объем угловых откосов, представляющих собой пирамиду с квадратным основанием $m^2 \times m^2$, находим по выражению (объемы 1-го типа):

$$V_1^{\text{отк}} = \frac{m^2 \cdot h^3}{3}, \text{ м}^3; \quad (1.3.16)$$

$$V_1^{\text{отк}} = \frac{1,5^2 \cdot 2,47^3}{3} = 11,30 \text{ м}^3.$$

2. Объемы откосов 2-го типа, представляющих собой призматойд с треугольным основанием, находим по формуле:

$$V_2^{\text{отк}} = \frac{a \cdot m \cdot (h_1^2 + h_2^2)}{4}, \text{ м}^3, \quad (1.3.17)$$

$$V_2^{\text{отк}} = \frac{30 \cdot 1,5 \cdot ((-2,47)^2 + (-1,43)^2)}{4} = -91,64 \text{ м}^3.$$

Знак объема, вычисляемого по формулам (1.3.17, 1.3.18), определяется знаком рабочих отметок h_i и h_j .

3. Объем откосов 3-го типа, представляющих собой пирамиду с треугольным основанием, определяем по формуле:

$$V_3^{\text{отк}} = \frac{a \cdot m \cdot h^3}{6 \cdot (|h_i| + |h_j|)}, \text{ м}^3; \quad (1.3.18)$$

$$V_4^{\text{отк}} = \frac{30 \cdot 1,5 \cdot (-0,62)^3}{6 \cdot (|-0,62| + |0,66|)} = 1,40 \text{ м}^3.$$

1.3.12. Составление сводной балансовой ведомости

Производим в форме таблицы.

Таблица 1.3.2 – Сводная балансовая ведомость

Приход грунта (выемка)		Расход грунта (насыпь)		
Объект	Геометрический объем, м ³	Объект	Объем, м ³	
			Геометрический	С учетом $K_{\text{оп}}$ (0,03)
Планировочная выемка	$\sum V = 2038,34$	Планировочная насыпь	$\sum V^* = 2059,34$	$\frac{\sum V^*}{1 + K_{\text{оп}}} = \frac{2059,34}{1 + 0,03} = 1999,36$
Откосы выемки	$\sum V_{\text{отк}} = 227,13$	Откосы насыпи	$\sum V_{\text{отк}} = 181,76$	$\frac{\sum V_{\text{отк}}}{1 + K_{\text{оп}}} = \frac{181,76}{1 + 0,03} = 176,46$
Всего	$\sum 1 = 2265,47$			$\sum 2 = 2175,83$

Примечание: В таблице приведены цифры для площадки на рисунке 1.4.1.

В случае планировки под нулевой баланс без учета котлована или траншей должно соблюдаться условие (баланс):

$$\Delta = \frac{\sum 1 - \sum 2}{\max(\sum 1, \sum 2)} \cdot 100\% \leq 5\% \quad (1.3.19)$$

Для примера на рисунке 3.6:

$$\Delta = \frac{2265,47 - 2175,83}{2265,4} \cdot 100\% = 3,96\% < 5\% \text{ – условие соблюдается.}$$

В случае соблюдения условия (1.3.19) разрешается разбросать объемы до получения полного баланса (равенства объемов) пропорционально объемам квадратов (треугольников).

При несоблюдении проверки (1.3.19) определяется поправка к средней планировочной отметке по формуле:

$$\Delta h^1 = \frac{(\sum 1 - \sum 2) \cdot (1 + K_{OP})}{F_{пл}} \quad (1.3.20)$$

Откорректированные с учетом Δh^1 рабочие отметки, объемы планировочной выемки, насыпи и откосов заносятся в сводную балансовую ведомость (таблица 1.3.2) и проверяется условие (1.3.19).

При планировке под заданную отметку равенство объемов, как правило, не соблюдается. В этом случае разница между $\sum 1$ и $\sum 2$ показывает, сколько грунта нужно привезти, либо вывезти.

В этом случае, если разность ($\sum 1 - \sum 2$) положительна, то в сводной балансовой ведомости в графу «расход грунта» вводится объект «кавальер» с объемом, равным ($\sum 1 - \sum 2$), при отрицательной разности в графу «приход грунта» вводится объект «карьер» или «резерв» с объемом ($\sum 1 - \sum 2$).

Таблица 1.3.3 – Коэффициенты разрыхления основных грунтов K_p , K_{OP} .

Грунты	Коэффициенты разрыхления	
	первоначальный, K_p	остаточный, K_{OP}
Песок	1,10...1,15	0,02...0,05
Супесь	1,12...1,17	0,03...0,05
Глина мягкая, жирная	1,24...1,30	0,04...0,07
Глина ломовая, сланцевая	1,28...1,32	0,06...0,09
Суглинок легкий, лессовидный	1,18...1,24	0,03...0,06
Суглинок тяжелый	1,24...1,30	0,05...0,08
Гравелисто-галечниковый	1,16...1,20	0,05...0,08
Растительный	1,20...1,25	0,03...0,04
Лесс мягкий	1,18...1,24	0,03...0,06
Лесс твердый	1,24...1,30	0,04...0,07
Торф	1,24...1,30	0,08...0,10
Скальные грунты	1,45...1,50	0,20...0,30

1.4. Расчет объемов земляных масс при планировке площадки с помощью программы "TSP"

Для автоматизированного расчета объемов земляных масс необходимо подготовить следующую информацию:

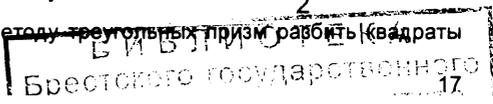
1. По таблице 1.2.1, в соответствии с шифром, определить вид разрабатываемого грунта, способ планировки площадки, уклоны площадки, уклоны площадки, мер стороны квадрата и шаг горизонталей.

2. Определить черные отметки вершин квадратов и треугольников.

3. По таблице 1.3.3 определить коэффициент остаточного разрыхления грунта K_{OP} , по таблице 1.3.1 – коэффициент откоса постоянных выемок и насыпей.

4. При планировке под заданную отметку вычислить $H_3 = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$.

5. При определении объемов по методу треугольных призм разбить квадраты на треугольники.



6. В компьютерной сети университета в разделе "Сетевые приложения" находим раздел "Программы кафедры ТСП" и запускаем программу "Программа подсчета объемов земляных масс".

7. В окна ввода ввести исходную информацию в соответствии с правилами ввода. При вводе имени файла для записи результатов имени файлов расчета по методу квадратных и методу треугольных призм должны быть различными.

8. После ввода исходной информации появляется окно "Графические результаты". При щелчке левой клавишей в области этого окна программа автоматически загрузит AutoCAD, если щелкнуть по символу закрытия файла, то программа возвратится к вводу исходной информации, при этом введенная информация сохраняется и ее можно редактировать.

9. После загрузки AutoCADa:

а) открыть файл «ТСП»;

б) в меню «Tools» выбрать строчку «RunScript...» и в появившемся окне выбрать двойным щелчком левой клавиши мыши файл с расширением .scr. После открытия файла сохранить его с расширением .dwg на диск R пользователя.

10. С помощью программы "TSP" рассчитать объемы грунтовых масс по методу квадратных и треугольных призм.

11. Текстовые файлы будут записаны с заданными в строке ввода именами и расширением .txt, пакетные файлы AutoCADa – с расширением .scr, а графические – с расширением .bmp на диск R зарегистрированного в сети пользователя.

Для этого выполняем ввод исходных данных и вывод результатов расчета в соответствии с правилами ввода.

При сообщении, что расчет по методу квадратных призм невозможен (квадрат пересекают две линии нулевых работ) выполнить расчет по методу треугольных призм, первый раз разбивку на треугольники задать программе, второй раз разбивку задать обратной машинной разбивке.

1.4.1. Ввод данных

1. Форма "Исходные данные". В представленной форме требуется выполнить ввод исходных данных для расчёта объёмов земляных масс. Переход между окнами ввода осуществляется щелчком левой клавиши мыши по соответствующему окну ввода. Требуется ввести данные в следующие окна ввода:

1.1. Окно ввода "Количество квадратов по горизонтали". В соответствующем окне требуется ввести количество квадратов по горизонтали в соответствии с разбивкой площадки. Их число может быть от 2 до 9. При выходе численного значения за указанные границы либо при вводе пустой строки появится сообщение об ошибке, и программа потребует ввода верного значения.

1.2. Окно ввода "Количество квадратов по вертикали". В соответствующем окне требуется ввести количество квадратов по вертикали в соответствии с разбивкой площадки. Их число может быть от 2 до 9. При выходе численного значения за указанные границы либо при вводе пустой строки появится сообщение об ошибке, и программа потребует ввода верного значения.

1.3. Окно ввода "Размер стороны квадрата, м". В соответствующем окне требуется ввести размер стороны квадрата в метрах в соответствии с разбивкой площадки. Вводимый размер может быть от 1 м до 100 м. При выходе численного значения за

указанные границы либо при вводе пустой строки появится сообщение об ошибке, и программа потребует ввода верного значения.

1.4. Окно ввода "Уклон, i_1 ". В соответствующем окне требуется ввести значение уклона вдоль горизонтальной стороны площадки. Для этого надо правильно указать знак уклона ("—" уклон направлен справа налево, "+" уклон направлен слева направо) и изменить последние цифры уклона в пределах от 0 до 100.

1.5. Окно ввода "Уклон, i_2 ". В соответствующем окне требуется ввести значение уклона вдоль вертикальной стороны площадки. Для этого надо правильно указать знак уклона ("—" уклон направлен сверху вниз, "+" уклон направлен снизу вверх) и изменить последние цифры уклона в пределах от 0 до 100.

1.6. Окно ввода "Кoeffициент откоса, m ". В соответствующем окне требуется выбрать значение коэффицента откоса из предлагаемого списка (см. табл. 1.3.1.). Для этого либо щёлкните левой клавишей мышки по окну ввода и выберите значение из появившегося списка, щёлкнув по нему также левой клавишей мышки, либо, перейдя в окно ввода по клавише "TAB", с помощью клавиш перемещения курсора выберите требуемое значение. При вводе пустой строки появится сообщение об ошибке, и программа потребует ввода любого значения. В случае отсутствия достаточных данных для выбора принимайте значение равное 1.0. Непосредственный ввод в окно с клавиатуры запрещён, поэтому буквенная и цифровая клавиатуры отключены.

1.7. Окно ввода "Кoeffициент остаточного разрыхления, K_{op} ". В соответствующем окне требуется ввести значение коэффицента остаточного разрыхления грунта площадки (см. табл. 1.3.3.). Для этого надо изменить последние цифры коэффицента в пределах от 1 до 30. При выходе численного значения за указанные границы появится сообщение об ошибке, и программа потребует ввода верного значения.

1.8. Окно ввода "Способ определения объёмов планировочных работ". В соответствующем окне требуется выбрать способ определения объёмов планировочных работ из двух предложенных: **способа квадратных призм** и **способа треугольных призм**. Для этого либо щёлкните левой клавишей мышки по заданному способу, либо, перейдя в окно ввода по клавише "TAB", с помощью клавиш перемещения курсора выберите заданный способ. Выбранным считается тот способ с левой стороны, от названия которого кружок затемнён.

1.9. Окно ввода "Способ планировки площадки". В соответствующем окне требуется выбрать способ планировки площадки из двух предложенных: **нулевого баланса** и **проектной отметки**. Для этого либо щёлкните левой клавишей мышки по заданному способу, либо, перейдя в окно ввода по клавише "TAB", с помощью клавиш перемещения курсора выберите заданный способ. В случае выбора способа планировки по проектной отметке в форме «Исходные данные» появится окно ввода «Проектная отметка, m ». Выбранным считается тот способ с левой стороны, от названия которого кружок затемнён.

1.10. Окно ввода "Имя файла для записи результатов:". В соответствующем окне требуется ввести имя файла для записи результатов. Имя файла должно содержать от 1 до 10 букв (например, фамилия студента). Цифровая клавиатура в процессе ввода имени файла отключена. В случае ввода пустой строки, появится сообщение об ошибке. Текстовый файл будет записан с заданным в строке ввода именем и

расширением .txt, пакетный файл AutoCADa – с расширением .scr, а графический – с расширением .bmp в ту же папку где находится основная программа.

1.11. Окно ввода "Масштаб для фигур в AutoCAD". В соответствующем окне требуется ввести масштаб прорисовки фигур в AutoCAD. Он может быть от 1 до 9. При масштабе, равном 1, один метр длины фигуры будет соответствовать 1 мм в окне AutoCAD. При выходе численного значения за указанные границы либо при вводе пустой строки появится сообщение об ошибке, и программа потребует ввода верного значения.

1.12. Окно ввода "Масштаб для откосов в AutoCAD". В соответствующем окне требуется ввести масштаб прорисовки откосов в AutoCAD. Он может быть от 1 до 99. При выходе численного значения за указанные границы либо при вводе пустой строки появится сообщение об ошибке, и программа потребует ввода верного значения.

1.13. Окно ввода "Проектная отметка, м". *Это окно ввода появится только в случае выбора в окне ввода «Способ планировки площадки» проектной отметки.* В соответствующем окне требуется ввести проектную планировочную отметку. Допускается вводить две цифры до десятичной точки и две цифры после десятичной точки, местоположение которой не меняется. В зависимости от расположения цифр программа самостоятельно форматирует значение. Например, если требуется ввести число "11", то правильным будет ввод: "11.", "11.0" и "11.00". При равенстве численного значения нулю либо при вводе пустой строки появится сообщение об ошибке, и программа потребует ввода верного значения.

1.14. Кнопка "Дальше". После завершения ввода исходных данных либо щелкните левой клавишей мышки по кнопке, либо, перейдя к кнопке по клавише "TAB", нажмите "Ввод" или "Пробел".

1.15. Кнопка "Справка". Выводит на экран окно помощи.

2. Форма "Чёрные отметки вершин". В представленной форме требуется выполнить ввод предварительно вычисленных чёрных отметок всех вершин квадратов. Форма появляется для ввода чёрной отметки каждой вершины. Непосредственно ввод чёрной отметки вершины осуществляется в окне ввода **«Чёрная отметка вершины №N»**.

Переход от одной вершины к другой как в одном, так и в другом направлении, а также переход к последующей и предыдущей формам осуществляется с помощью кнопок: **«Вперёд»**, **«Назад»**.

Для удобства ввода необходимые данные отображаются в **форме «Информационное окно»**.

2.1. Окно ввода "Чёрная отметка вершины №N". В соответствующем окне требуется ввести чёрную отметку вершины №N. Допускается вводить две цифры до десятичной точки и две цифры после десятичной точки, местоположение которой не меняется. В зависимости от расположения цифр программа самостоятельно форматирует значение. Например, если требуется ввести число "12", то правильным будет ввод: "12.", "12.0" и "12.00". После подтверждения ввода нажатием кнопок "Вперёд" или "Назад" введённое значение чёрной отметки появляется на соответствующем месте в **форме «Информационное окно»**.

2.2. Кнопка "Вперёд". Кнопка используется для перехода от одной вершины к другой в сторону **увеличения** их номеров и для перехода к следующей форме при нажатии кнопки в форме ввода чёрной отметки последней вершины квадрата.

2.3. Кнопка "Назад". Кнопка используется для перехода от одной вершины к другой в сторону **уменьшения** их номеров и для перехода к **форме «Исходные данные»** при нажатии кнопки в форме ввода чёрной отметки первой вершины квадрата.

3. Форма "Деление квадратов на треугольники". В представленной форме требуется выполнить деление квадратов на треугольники. Форма появляется для деления на треугольники каждого квадрата **только при определении объёмов планировочных работ способом треугольных призм.** В верхней строке формы указан номер делимого квадрата. Для определения местоположения диагонали, делящей квадрат на треугольники, либо щёлкните левой клавишей мышки по необходимым номерам вершин квадрата, либо с помощью клавиш перемещения курсора выберите необходимые номера. Диагональ соединит те вершины квадрата, с левой стороны от номеров которых кружок затемнён.

Переход от одного квадрата к другому как в одном, так и в другом направлении, а также переход к последующей и предыдущей формам осуществляется с помощью кнопок: «**Вперёд**», «**Назад**».

Для удобства деления необходимые данные отображаются в **форме «Информационное окно».**

3.1. Кнопка "Вперёд". Кнопка используется для перехода от одного квадрата к другому в сторону **увеличения** их номеров и для перехода к **форме «Графические результаты»** при нажатии кнопки в форме деления последнего квадрата.

3.2. Кнопка "Назад". Кнопка используется для перехода от одного квадрата к другому в сторону **уменьшения** их номеров и для перехода к **форме «Чёрные отметки вершин»** при нажатии кнопки в форме деления первого квадрата.

4. Нажатие кнопок в формах.

Кнопку можно нажать двумя способами:

- 1) щёлкнув по ней левой клавишей мышки;
- 2) перейдя к кнопке по клавише "ТАВ", нажав "Ввод" или "Пробел".

5. Форма "Информационное окно". Форма "Информационное окно" не может непосредственно изменяться пользователем и играет вспомогательную роль при:

– **вводе чёрных отметок вершин:** чёрная отметка вершины, для которой открыта форма «**Чёрные отметки вершин**», выделяется красным цветом и подчёркиванием; все остальные чёрные отметки вершин отображаются чёрным цветом. Кроме того, отображённое численное значение чёрной отметки каждой вершины соответствует численному значению в памяти компьютера;

– **делении квадратов на треугольники:** диагональ, выбранная на данный момент в **форме «Деление квадратов на треугольники»**, отображается при первичном вводе красной пунктирной линией; точно так же отображается диагональ при редактировании её местоположения в уже поделенном квадрате. Окончательно принятая и не изменяемая при просмотре диагональ отображается чёрной сплошной линией.

1.4.2. Вывод результатов

1. Форма "Графические результаты". Данная форма отображает в экранном масштабе площадку с нумерацией вершин, численными значениями чёрных, красных и рабочих отметок. Так же представлены линия нулевых работ и центры тяжести полученных фигур. Эта форма предназначена для предварительного контроля результатов расчёта.

2. **Файл "Результаты.bmp"**. В данный файл записано содержимое формы «Графические результаты» для последующей обработки и распечатки посредством любых графических редакторов, воспринимающих формат bmp (например, Paint).

3. **Файл "Результаты.txt"**. В данный файл записаны результаты расчёта в табличном виде для последующей обработки и распечатки посредством любых текстовых редакторов (например, Word).

4. **Файл "Результаты.scr"**. Данный файл является пакетным файлом AutoCad. В него записаны результаты расчёта, позволяющие в окне AutoCad получить рисунок, подобный рис. 1.4.1. Для его запуска необходимо:

A. Загрузить AutoCAD.

B. Открыть файл «ТСП».

C. В меню «Tools» выбрать строчку «RunScript...» и в появившемся окне выбрать двойным щелчком левой клавиши мыши файл "Результаты".

Примечания:

1. *Имя файла может быть любым и задаётся в окне ввода «Имя файла для записи результатов», «Результаты» – имя файла по умолчанию, т.е. если пользователь не изменит его в указанном окне ввода.*

2. *При проектировании под нулевой баланс при несоблюдении его условия, программа самостоятельно произведёт перерасчёт и его результаты запишет в файлы, указанные в пп. 2-4. При этом к их имени в конце будет добавлена единица, а старые файлы удалены не будут.*

1.4.3. Результаты расчета объемов грунтовых масс при вертикальной планировке строительной площадки, приведенной на рисунке 1.3.2

Расчет объемов способом треугольных призм

Имя файла с результатами: " Площадка треугольник ".

Количество квадратов по горизонтали: 3;

Количество квадратов по вертикали: 2;

Размер стороны квадрата, м: 30;

Уклон, i1: 0.002 (направлен слева направо);

Уклон, i2: 0.001 (направлен сверху вниз);

Способ определения объемов планировочных работ: треугольных призм;

Способ планировки площадки: нулевой баланс;

Точность вычисления рабочих отметок: до 0.01 м;

Коэффициент откоса, m: 1.50.

Коэффициент остаточного разрыхления, Кор: 0.03.

ПРИМЕЧАНИЕ: НАЧАЛО КООРДИНАТ В ЛЕВОМ НИЖНЕМ УГЛУ ПЛОЩАДКИ

Таблица 1. Информация о вершинах.

№ п/п	Координаты		Отметки, м		
	х, м	у, м	крас.	черн.	раб.
1	0	60	20.84	23.31	-2.47
2	30	60	20.78	22.21	-1.43
3	60	60	20.72	21.34	-0.62
4	90	60	20.66	20.00	0.66
5	0	30	20.81	22.08	-1.27
6	30	30	20.75	21.24	-0.49
7	60	30	20.69	20.48	0.21
8	90	30	20.63	19.41	1.22
9	0	0	20.78	20.28	0.50
10	30	0	20.72	19.89	0.83
11	60	0	20.66	19.36	1.30
12	90	0	20.60	18.72	1.88

Таблица 2. Информация о фигурах.

№ п/п	№ вершин треугол-ка		
	1-ая	2-ая	3-ья
1	2	1	5
2	5	6	2
3	3	2	6
4	6	7	3
5	4	3	7
6	7	8	4
7	6	5	9
8	9	10	6
9	7	6	10
10	10	11	7
11	8	7	11
12	11	12	8

Средняя планировочная отметка, м: 20.72.

Таблица 3. Информация об объемах.

№ п/п	Об. на-сыпи, м3	Об. вы-емки, м3	Коорд. линии нулевых работ				Координаты центра тяжести фигур			
			x1, м	y1, м	x2, м	y2, м	Xцт+, м	Yцт+, м	Xцт-, м	Yцт-, м
1	775.50	----	----	----	----	----	----	10.00	50.00	
2	478.50	----	----	----	----	----	----	20.00	40.00	
3	381.00	----	----	----	----	----	----	40.00	50.00	
4	2.39	137.39	51.00	30.00	60.00	37.59	57.00	32.53	49.43	40.61
5	71.15	33.65	60.00	37.59	74.53	60.00	72.92	48.57	64.84	52.53
6	313.50	----	----	----	----	----	80.00	40.00	----	----
7	10.70	199.70	0.00	8.47	15.15	15.15	5.05	7.88	10.82	22.02
8	139.50	13.50	15.15	15.15	30.00	18.86	18.86	7.45	25.05	21.34
9	101.60	19.10	30.00	18.86	51.00	30.00	41.05	17.79	37.00	26.29
10	351.00	----	----	----	----	----	50.00	10.00	----	----
11	409.50	----	----	----	----	----	70.00	20.00	----	----
12	660.00	----	----	----	----	----	80.00	10.00	----	----

Таблица 4. Информация об откосах.

Номер откоса	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем откоса, м3	-11.30	-91.64	-27.33	-1.40	1.68	0.22	21.64	56.51

Номер откоса	9	10	11	12	13	14	15	16
Объем откоса, м3	4.98	58.77	26.76	10.56	10.09	10.53	-8.68	-86.78

P.S. Нумерация откосов по часовой стрелке от вершины №1

Таблица 5. Сводная балансовая ведомость.

Приход грунта (выемка)	Расход грунта (насыпь)	
	Объект	Объект
Планировочная выемка	Планировочная насыпь	Откосы насыпи
2038.34	2059.34	181.76
227.13	1999.36	176.46
2265.47	2175.83	

Условие баланса:
 $(2265.47 - 2175.83) / 2265.47 * 100\% = 3.96\%$

Условие баланса выполнено

Дополнительная информация.

Таблица 6. Расстояния между насыпями и выемками.

Номера фигур	выемки	1	1	1	1	1	1	1	1	1
насыпи	4	15	16	17	18	19	10	11	1	1
Расстояние, м	50.14	62.94	70.71	42.41	43.47	44.74	56.57	67.08	1	1

Номера фигур	выемки	1	2	2	2	2	2	2	2	1
насыпи	12	4	15	16	17	18	19	10	1	1
Расстояние, м	180.62	37.75	53.61	60.00	35.43	32.57	30.60	42.43	1	1

Номера фигур	выемки	2	2	3	3	3	3	3	3	1
насыпи	11	12	4	5	6	7	8	9	1	1
Расстояние, м	53.85	67.08	24.38	32.95	41.23	54.74	47.51	32.22	1	1

Номера фигур	выемки	3	3	3	4	4	4	4	4	1
насыпи	10	11	12	4	5	6	7	8	1	1
Расстояние, м	41.23	42.43	56.57	11.08	24.81	30.58	55.14	45.10	1	1

Номера фигур	выемки	4	4	4	4	5	5	5	5	1
насыпи	9	10	11	12	4	5	6	7	1	1
Расстояние, м	24.31	30.62	29.12	43.27	21.48	19.00	19.67	74.63	1	1

Номера	выемки	15	15	15	15	17	17	17	
Фигур	насыпи	18	19	110	111	112	14	5	6
Расстояние, м		164.39	142.10	145.05	132.94	145.15	147.36	167.54	171.48
Номера	выемки	17	17	17	17	17	18	18	
Фигур	насыпи	17	18	19	110	111	112	14	5
Расстояние, м		115.28	116.64	130.52	140.98	159.21	170.21	133.85	155.07
Номера	выемки	18	18	18	18	18	18	19	
Фигур	насыпи	16	17	18	19	110	111	112	14
Расстояние, м		158.03	124.11	115.21	116.39	127.41	144.97	156.11	120.95
Номера	выемки	19	19	19	19	19	19	19	
Фигур	насыпи	15	16	17	18	19	110	111	112
Расстояние, м		142.27	145.13	136.88	126.15	19.41	120.84	133.59	145.98

Расчет объемов способом квадратных призм

Имя файла с результатами: "Площадка квадрат";

Количество квадратов по горизонтали: 3;

Количество квадратов по вертикали: 2;

Размер стороны квадрата, м: 30;

Уклон, i1: 0.002 (направлен слева направо);

Уклон, i2: 0.001 (направлен сверху вниз);

Способ определения объемов планировочных работ: квадратных призм;

Способ планировки площадки: нулевой баланс;

Точность вычисления рабочих отметок: до 0.01 м;

Коэффициент откоса, м: 1.50.

Коэффициент остаточного разрыхления, Кор: 0.03.

ПРИМЕЧАНИЕ: НАЧАЛО КООРДИНАТ В ЛЕВОМ НИЖНЕМ УГЛУ ПЛОЩАДКИ

Таблица 1. Информация о вершинах.

Таблица 2. Информация о фигурах.

№	Координаты	Отметки, м	
п/п	х, м	у, м	крас. черн. раб.
1	0	60	20.86 23.31 -2.45
2	30	60	20.80 22.21 -1.41
3	60	60	20.74 21.34 -0.60
4	90	60	20.68 20.00 0.68
5	0	30	20.83 22.08 -1.25
6	30	30	20.77 21.24 -0.47
7	60	30	20.71 20.48 0.23
8	90	30	20.65 19.41 1.24
9	0	0	20.80 20.28 0.52
10	30	0	20.74 19.89 0.85
11	60	0	20.68 19.36 1.32
12	90	0	20.62 18.72 1.90

№	Номера вершин квадрата				
п/п	1-ая	2-ая	3-ья	4-ая	
1	1	2	5	6	
2	2	3	6	7	
3	3	4	7	8	
4	5	6	9	10	
5	6	7	10	11	
6	7	8	11	12	

Средняя планировочная отметка, м: 20.74.

Таблица 3. Информация об объемах.

№	Об. на-сыпи, м3	Об. вы-емки, м3	Коорд. линии нулевых работ	Координаты центра тяжести фигур						
п/п	сыпи, м3	емки, м3	x1, м	y1, м	x2, м	y2, м	Xцт+, м	Yцт+, м	Xцт-, м	Yцт-, м
1	----	1255.50	----	----	----	----	----	----	15.00	45.00
2	3.14	509.39	50.14	30.00	60.00	38.31	56.71	32.77	44.44	45.58
3	379.25	30.50	60.00	38.31	74.06	60.00	77.10	43.41	64.69	52.77
4	157.53	236.28	0.00	8.81	30.00	19.32	17.12	7.40	13.55	21.78
5	451.10	16.85	30.00	19.32	50.14	30.00	46.12	13.45	36.71	26.44
6	1055.25	----	----	----	----	----	75.00	15.00	----	----

Таблица 4. Информация об откосах.

Номер откоса	1	2	3	4	5	6	7	8	
Объем откоса, м3	-11.03	-89.89	-26.42	-1.27	1.84	0.24	22.50	57.91	
Номер откоса	9	10	11	12	13	14	15	16	
Объем откоса, м3	5.14	60.21	27.73	11.17	10.11	0.60	-8.28	-85.11	

P.S. Нумерация откосов по часовой стрелке от вершины №1

Таблица 5. Сводная Балансовая ведомость.

Приход грунта (выемка)		Расход грунта (насыпь)	
Объект	Геометрический объем, м3	Объект	Объем, м3
Планировочная выемка	2048.52	Планировочная насыпь	2046.27
Откосы выемки	221.99	Откосы насыпи	187.45
Всего	2270.51		2168.66

Условие Баланса:
 $(2270.51 - 2168.66) / 2270.51 * 100\% = 4.49\%$
 Условие Баланса выполнено

Дополнительная информация.
 Таблица 6. Расстояния между насыпями и выемками.

Номера выемки	1	1	1	1	2	2	2	
фигур насыпи	2	3	4	5	6	2	3	4
Расстояние, м	143.47	162.12	137.66	144.32	167.08	17.74	132.73	146.95
Номера выемки	2	2	3	3	3	3	3	4
фигур насыпи	5	6	2	3	4	5	6	2
Расстояние, м	132.18	143.23	121.53	115.55	165.73	143.49	139.15	144.54
Номера выемки	4	4	4	4	5	5	5	5
фигур насыпи	3	4	5	6	2	3	4	5
Расстояние, м	167.13	114.81	133.62	161.82	120.98	143.81	127.32	116.04
Номера выемки	5							
фигур насыпи	6							
Расстояние, м	139.96							

1.5. Определение объемов подготовительно-заключительных и вспомогательных земляных работ

Объем работ по срезке растительного слоя определяется площадью строительной площадки:

$$F_{пл} = A \cdot B = 60 \cdot 90 = 5400 \text{ м}^2, \quad (1.5.1)$$

где А и В – длина сторон строительной площадки, м.

Объем работ по планировке откосов строительной площадки определяется площадью откосов и находится по выражению:

$$F_{отк} = h_{ср} \times p \times \sqrt{1+m^2} = 1,02 \times 300 \times \sqrt{1+1,5^2} = 551,6 \text{ м}^2, \quad (1.5.2)$$

где $h_{ср}$ – средняя рабочая отметка по контуру строительной площадки, м;

p – периметр строительной площадки, м.

$$h_{ср} = \frac{\sum |h_i|}{z}, \text{ м}, \quad (1.5.3)$$

где h_i – рабочая отметка i -й вершины по контуру площадки (в сумму включаются и точки, принадлежащие л.н.р. – нулевые точки), м;

z – количество учтенных рабочих отметок, шт.

Например, для площадки на рисунке 4.1:

$$h_{ср} = \frac{1}{12} (2,47 + 1,43 + 0,62 + 0 + 0,66 + 1,22 + 1,88 + 1,30 + 0,83 + 0,50 + 0 + 1,27) = 1,02 \text{ м}$$

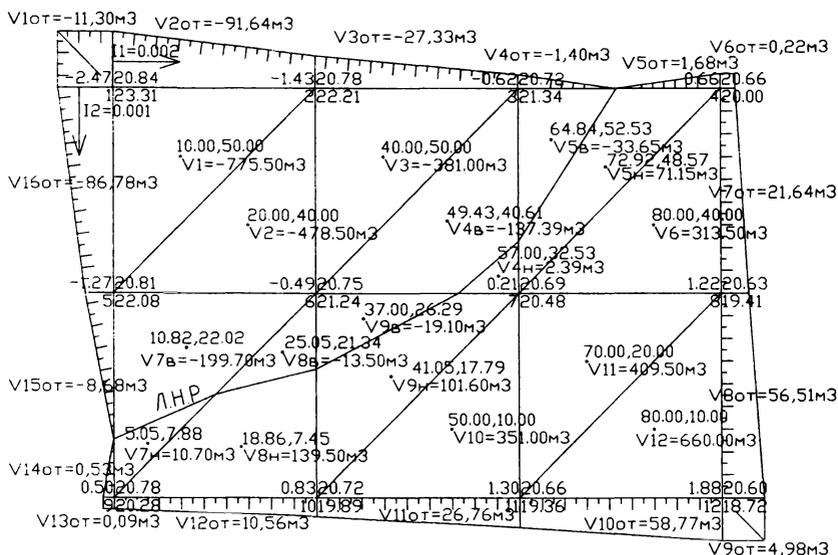


Рисунок 1.5.1 – Схема площадки с объемами грунтовых масс, вычисленными способом треугольных призм

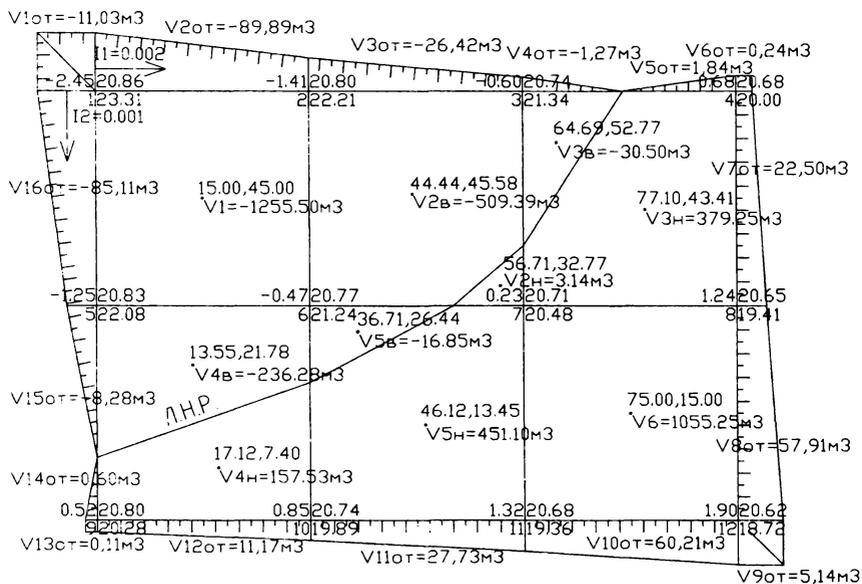


Рисунок 1.5.2 – Схема площадки с объемами грунтовых масс, вычисленными способом квадратных призм

1.6. Оценка результатов расчета объемов грунтовых масс выполненного методом треугольных и квадратных призм

1. Сравнить объемы грунтовых масс планировочных выемок и насыпей, полученные по методу треугольных и квадратных призм, определив абсолютную и относительную ошибку (таблицы 5).

2. Сравнить объемы трех переходных квадратов (по выбору), полученные по методу треугольных и квадратных призм определив абсолютную и относительную ошибку (рисунки 1.4.1, 1.4.2 или таблицы 3).

3. Сравнить объемы трех видов откосов (по выбору), полученные по методу треугольных и квадратных призм определив абсолютную и относительную ошибку (рисунки 1.4.1, 1.4.2).

4. При невозможности рассчитать объемы методом квадратных призм, сравнить результаты расчета методом треугольных призм при различном направлении диагоналей.

1.7. Выполнение лабораторной работы и составление отчета

1. В соответствии с шифром определить исходные данные для выполнения лабораторных работ.

2. Показать определение всех черных отметок вершин квадратов и треугольников.

3. По таблице 1.3.1 определить коэффициент откоса m постоянных выемок и насыпей, по таблице 1.3.3 – коэффициент остаточного разрыхления грунта K_{op} .

4. При планировке под заданную отметку вычислить $H_3 = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$.

5. Разбить квадраты на треугольники.

6. В электронной сети университета в разделе "Сетевые приложения" в разделе "Программы кафедры ТСП" запустить программу "Программа подсчета объемов земляных масс".

7. В соответствии с правилами ввода ввести исходную информацию и рассчитать объемы грунтовых масс способами квадратных и треугольных призм.

8. Распечатать файлы расчета с расширением .txt и .dwg

9. Показать определение средней планировочной отметки при планировке под нулевой баланс.

10. Показать схему к построению л.н.р. и определению красных, рабочих отметок, показать их определение для характерных вершин.

11. Показать построение л.н.р.

12. Показать определение объемов грунтовых масс по выражениям 1.3.7 — 1.3.14 (расчет проводится по каждому выражению один раз для треугольных и квадратных призм).

13. Показать составление сводной балансовой ведомости.

14. Определить объемы подготовительно-заключительных и вспомогательных земляных работ.

15. На основании файла с результатами: "Площадка треугольник" и файла с результатами: "Площадка квадрат", а также рисунков 1.4.1. и 1.4.2 произвести оценку полученных результатов.

16. Составить отчет.

Отчет оформляется на стандартных листах формата А4 в соответствии со стандартом университета.

1.8. Составление ведомости земляных масс

В соответствии с СТБ 2073-2010 «Правила выполнения чертежей генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов» по результатам расчета (таблица 5. Сводная балансовая ведомость) составляем ведомость грунтовых масс в форме таблицы 1.8.1

Таблица 1.8.1 – Ведомость земляных масс

Наименование грунта	Количество, м ³		Примечание
	Насыпь (+)	Выемка (-)	
1. Грунт планировки территории	2059,34	2038,34	
2. Вытесненный грунт, всего			
В том числе при устройстве:			
а) подземных частей зданий (сооружений)	-	-	
б) автодорожных покрытий	-	-	
в) плодородной почвы на участках озеленения	-	-	
д) подсыпки до проектных отметок	-	-	
3. Грунт для устройства откосов	181.76	227.13	
4. Поправка на уплотнение	-65.28		
Пригодный грунт, всего	2175.82	2265.47	
5. Недостаток (избыток) пригодного грунта	89.64		Обеспечение нулевого баланса
6. Плодородный грунт, всего		1080	$\delta=0.2\text{м}$
в том числе:			
а) используемый для озеленения территории	1080		$\delta=0.2\text{м}$
б) недостаток (избыток) плодородного грунта			
7. Итого перерабатываемого грунта	3345.46	3345.47	
Планировка территории, м ²	5400	-	
Планировка откосов, м ²	500	-	

1.9. Контрольные вопросы к ЛР № 1

1. Область применения методов квадратных и треугольных призм для определения объемов грунтовых масс при вертикальной планировке площадки.
2. Разбивка площадки в плане на квадраты.
3. Разбивка площадки в плане на треугольники.
4. Методы определения черных отметок вершин квадратов и треугольников.

5. Чем отличается метод интерполяции от метода экстраполяции при определении черных отметок?
6. Определение средней планировочной отметки при вертикальной планировке площадки под нулевой баланс способом квадратных призм.
7. Определение средней планировочной отметки при вертикальной планировке площадки под нулевой баланс способом треугольных призм.
8. Определение красных отметок вершин (отметок проектной плоскости).
9. Определение рабочих отметок вершин квадратов и треугольников.
10. Дать определение линии нулевых работ.
11. Построение линии нулевых работ аналитическим способом.
12. Построение линии нулевых работ графическим способом.
13. Определение объемов целых квадратных призм.
14. Определение объемов переходных квадратных призм 1-го типа.
15. Определение объемов переходных квадратных призм 2-го типа.
16. Определение объемов целых треугольных призм.
17. Определение объемов переходных треугольных призм.
18. Крутизна откосов, заложение откосов, коэффициент откоса (дать определения).
19. Дать определение линии откосов площадки.
20. Построение линии откосов.
21. Определение объемов угловых откосов (откосов 1-го типа).
22. Определение объемов откосов 2-го типа.
23. Определение объемов откосов 3-го типа.
24. Коэффициенты первоначального и остаточного разрыхления грунта.
25. Составление сводной балансовой ведомости.
26. Определение объемов работ по срезке растительного слоя и объемов работ по планировке откосов.

Лабораторная работа №2

Анализ результатов, полученных при определении среднего расстояния перемещения грунта из выемки в насыпь (L_{CP}), аналитическим методом и методом шахматного баланса

2.1. Цель и задачи лабораторной работы

Целью выполнения лабораторной работы является закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков при определении среднего расстояния перемещения грунта.

В процессе выполнения работы студенты производят расчет среднего расстояния перемещения грунта при вертикальной планировке площадки аналитическим (метод статических моментов) методом и методом шахматного баланса. Выполняется сравнительный анализ результатов, полученных этими методами.

Лабораторная работа №2 выполняется на основании результатов, полученных при выполнении лабораторной работы №1. L_{CP} определяется только для основного способа определения объемов грунтовых масс (определяется в соответствии с шифром в л.р. №1).

2.2. Выбор метода определения L_{CP}

Существуют следующие наиболее распространенные методы определения L_{CP} :

- а) аналитический (метод статических моментов);
- б) графо-аналитический (способ Кутьинова);
- в) графический;
- г) на основании шахматной балансовой ведомости;
- д) на основе линейного программирования.

Недостатками способов а)...в) являются:

➤ Отсутствие информации о конкретном распределении земляных масс из выемки в насыпь, что приводит к значительным отклонениям расчетного L_{CP} от фактического.

➤ Невысокая точность.

➤ Использование методов может привести к абсурду в случае площадок, представленных на рисунке 2.2.1, для которых расчетное L_{CP} примерно получается равным нулю (в случае аналитического метода) из-за симметрии выемок и насыпей, или существенно отличается от фактического L_{CP} . В этом случае площадку необходимо разбивать на 2 и более частей относительно осей симметрии.

➤ Необходимость наличия баланса планировочной выемки и насыпи, в противном случае возникает необходимость в создании местного нулевого баланса (т.е. отсекаются недостающие или лишние объемы).

Указанных недостатков лишены способы, основанные на составлении шахматной балансовой ведомости и на методах линейного программирования, что определяет широкое применение последних при нахождении L_{CP} .

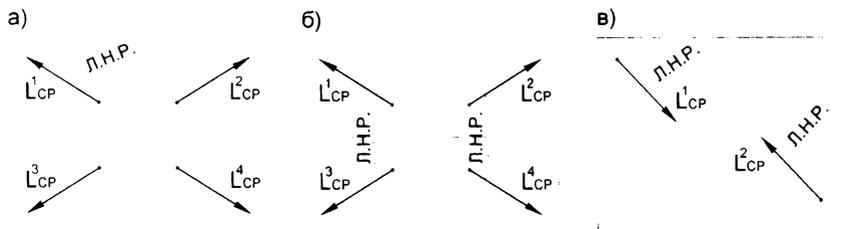


Рисунок 2.2.1 – Виды площадок, для которых определение L_{CP} графическим, аналитическим и графо-аналитическим методами затруднительно

2.3. Определение приведенных объемов пунктов выемки и насыпи

Прежде всего необходимо грунт насыпи перевести в плотное тело, т.е. в одно состояние с грунтом выемки, что достигается обычно путем деления геометрических объемов насыпи на $1+K_{CP}$. Для уменьшения количества пунктов выемки и насыпи объемы откосов суммируются с объемами прилегающих квадратов (треугольников).

В случае если приведенные объемы меньше 5% от суммарного объема выемки или насыпи, то возможно присоединение этих объемов к одному из прилегающих квадратов (треугольников).

Например, вполне можно объем V_{4H} присоединить к объему V_{11H} (рисунок 1.4.1).

В случае если объемы отдельных откосов составляют более 5% от суммарного объема выемки или насыпи, то необходимо рассматривать их самостоятельно (без присоединения к прилегающим пунктам).

В случае нулевого баланса разность между суммами ($\Sigma 1 - \Sigma 2$) разбрасывается пропорционально объемам пунктов выемки или насыпи.

Например, для площадки, приведенной на рисунке 1.4.1 (п.р. №1), приведенные объемы определяются следующим образом:

Выемка треугольника №1:

$$V_{B1} = V_1 + V_1^{OTK} + V_2^{OTK} + V_{16}^{OTK} = -775,5 - 11,3 - 91,64 - 86,78 = -965,22 \text{ м}^3$$

Насыпь треугольника №12:

$$V_{H12} = \frac{V_{12} + V_8^{OTK} + V_9^{OTK} + V_{10}^{OTK}}{1 + K_{OP}} = \frac{660,0 + 56,51 + 4,98 + 58,77}{1 + 0,03} = 757,53 \text{ м}^3$$

Поправка δ :

$$\delta = \frac{\sum 1 - \sum 2}{\sum 2} = \frac{2265,47 - 2175,83}{2175,83} = 0,041198$$

При этом окончательный объем пункта насыпи V_{H12}^{OK} (с учетом поправки составит:

$$V_{H12}^{OK} = V_{H12} + V_{H12} \cdot \delta = V_{H12} \cdot (1 + \delta) = 757,53 \cdot (1 + 0,041198) = 788,74 \text{ м}^3$$

Приведенные объемы пунктов выемки и насыпи приведены на рисунке 2.3.1.

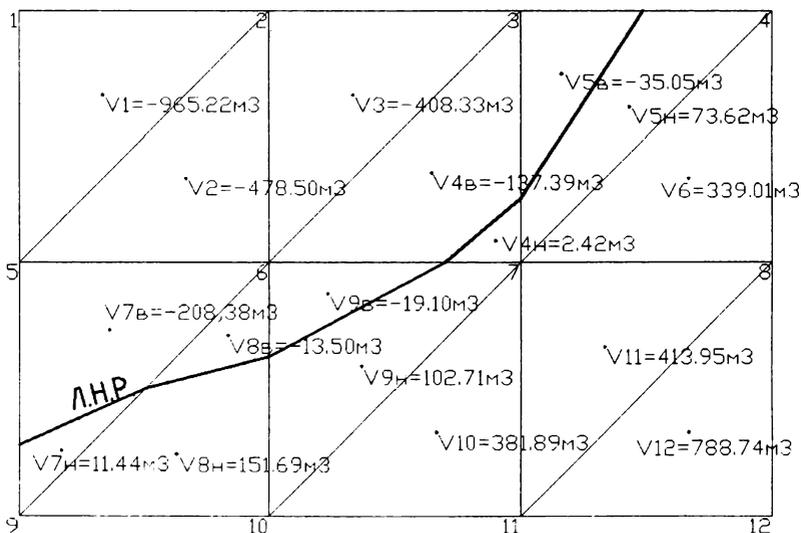


Рисунок 2.3.1 – Схема площадки с приведенными объемами грунтовых масс

2.4. Определение положения центров тяжести пунктов выемки и насыпи

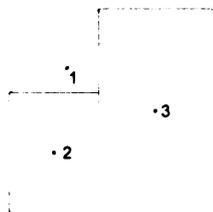


Рисунок 2.4.1 – Схема разбиения пятиугольника на простые фигуры

Производится на основании предположения, что центры тяжести объемных фигур совпадают с центрами тяжести плоских фигур (проекциями объемных фигур на горизонтальную плоскость).

Положение центров тяжести фигур в основном определяется графоаналитическим способом.

При этом сложная фигура (рисунок 2.4.1) разбивается на ряд простых (квадраты, прямоугольники, треугольники), положение центров тяжести которых легко находится (рисунок 2.4.2). Для треугольников – это точка пересечения медиан, для квадратов и прямоугольников – точка пересечения диагоналей.

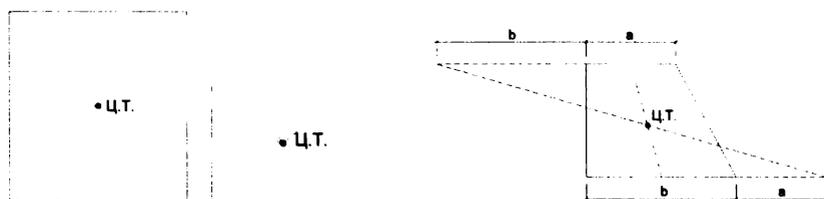


Рисунок 2.4.2 – Определение центров тяжести простых фигур

Положение центра тяжести сложной фигуры определяется, после разбиения последней на простые фигуры, методом статических моментов по формулам:

$$X_{цт.} = \frac{S_x}{F_i} = \frac{\sum F_i \times X_i}{\sum F_i}, \text{ м}; \quad (2.4.1)$$

$$Y_{цт.} = \frac{S_y}{F_i} = \frac{\sum F_i \times Y_i}{\sum F_i}, \text{ м}; \quad (2.4.2)$$

где S_x, S_y – статический момент составной фигуры относительно осей X и Y соответственно, м^3 ; F_i – площадь i -й фигуры, м^2 ;

X_i, Y_i – координаты центра тяжести i -й фигуры относительно координатных осей HOY , м . (Начало координат в левом нижнем углу площадки).

Например, для насыпи 9-го треугольника (рисунок 2.4.3):

$$X_{цт.} = \frac{\sum F_i \times X_i}{\sum F_i} = \frac{\frac{30 \times 30}{2} \times 40 - \frac{21 \times 11,14}{2} \times 37}{\frac{30 \times 30}{2} - \frac{21 \times 11,14}{2}} = 41,05 \text{ м},$$

$$Y_{цт.} = \frac{\sum F_i \times Y_i}{\sum F_i} = \frac{\frac{30 \times 30}{2} \times 20 - \frac{21 \times 11,14}{2} \times 26,29}{\frac{30 \times 30}{2} - \frac{21 \times 11,14}{2}} = 17,79 \text{ м}.$$

2.4.3. Схема площадки с координатами центров тяжести представлена на рисунке

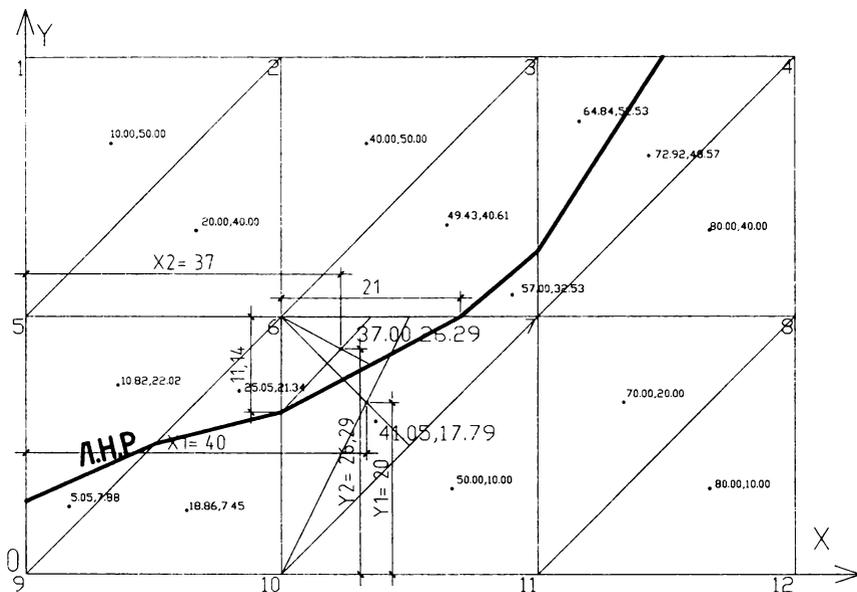


Рисунок 2.4.3 – Схема к определению центров тяжести фигур

2.5. Определение среднего расстояния перемещения грунта

2.5.1. Определение среднего расстояния перемещения грунта аналитическим методом

Производим по формулам:

$$L_{\text{ср}} = \sqrt{(X_{\text{цт.в}} - X_{\text{цт.н}})^2 + (Y_{\text{цт.в}} - Y_{\text{цт.н}})^2}, \text{ м}, \quad (2.5.1)$$

$$X_{\text{цт}} = \frac{\sum V_i \cdot X_i}{\sum V_i}, \text{ м}, \quad (2.5.2)$$

$$Y_{\text{цт}} = \frac{\sum V_i \cdot Y_i}{\sum V_i}, \text{ м}, \quad (2.5.3)$$

где V_i – объем i -й фигуры, м^3 ;

$X_{\text{цт.в}}$, $X_{\text{цт.н}}$, $Y_{\text{цт.в}}$, $Y_{\text{цт.н}}$ – соответственно, координаты центра тяжести выемки и насыпи, м.

Для этого используем схему площадки с приведенными объемами грунтовых масс и их центрами тяжести (рисунок 2.5.1).

$$X_{\text{Ц.Т.}}^{\text{в}} = \frac{965,22 \times 10 + 408,33 \times 40 + 35,05 \times 64,84 + 478,5 \times 20 + 137,39 \times 49,43 + 208,38 \times 10,82 - 13,5 \times 25,05 + 19,1 \times 37,0}{965,22 + 408,33 + 35,05 + 478,5 + 137,39 + 208,38 + 13,5 + 19,1} = 21,15 \text{ м}$$

$$Y_{\text{Ц.Т.}}^{\text{в}} = \frac{965,22 \times 50,0 + 408,33 \times 50 + 35,05 \times 52,53 + 478,5 \times 40 + 137,39 \times 40,61 + 208,38 \times 22,02 + 13,5 \times 21,34 + 19,1 \times 26,29}{965,22 + 408,33 + 35,05 + 478,5 + 137,39 + 208,38 + 13,5 + 19,1} = 44,41 \text{ м}$$

$$X_{\text{Ц.Т.}}^{\text{г}} = \frac{73,62 \times 72,92 + 339,01 \times 80 + 2,42 \times 57,0 + 11,44 \times 5,05 + 151,69 \times 18,86 + 102,71 \times 41,05 + 381,89 \times 50 + 413,95 \times 70 + 788,74 \times 80}{73,62 + 339,01 + 2,42 + 11,44 + 151,69 + 102,71 + 381,89 + 413,95 + 788,74} = 66,62 \text{ м}$$

$$Y_{\text{Ц.Т.}}^{\text{г}} = \frac{73,62 \times 48,57 + 339,01 \times 40 + 2,42 \times 32,53 + 11,44 \times 7,88 + 151,69 \times 7,45 + 102,71 \times 17,79 + 381,89 \times 10 + 413,95 \times 20 + 788,74 \times 10}{73,62 + 339,01 + 2,42 + 11,44 + 151,69 + 102,71 + 381,89 + 413,95 + 788,74} = 17,76 \text{ м}$$

$$L_{\text{ср}} = \sqrt{(21,15 - 66,62)^2 + (44,41 - 17,76)^2} = 52,70 \text{ м}$$

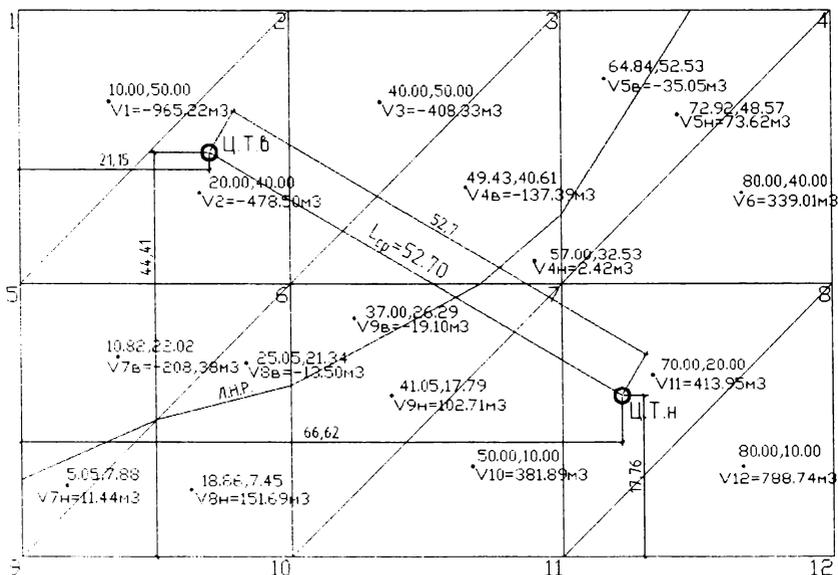


Рисунок 2.5.1 – Схема площадки к определению $L_{\text{ср}}^{\text{нп}}$ аналитическим способом

2.5.2. Определение среднего расстояния перемещения грунта на основе шахматной балансовой ведомости

Общий вид шахматной балансовой ведомости представлен в форме таблицы, в которой по горизонтали в шапке указаны условные обозначения и приведенные объемы пунктов насыпи, а по вертикали - пунктов выемки. Суммарный объем пунктов выемки должен получиться равным суммарному объему пунктов насыпи.

При $\sum 1 > \sum 2$ (см. сводную балансовую ведомость, л.р. №1) в таблицу 2.5.1 добавляется дополнительный пункт насыпи "кавалер". При $\sum 1 < \sum 2$ вводится пункт выемки "карьер" с объемом, равным $\sum 2 - \sum 1$ (пункт насыпи "кавалер" отсутствует).

Суммарный объем прихода грунта должен быть равным суммарному объему расхода грунта.

Распределение грунта из пунктов выемки в пункты насыпи может производиться следующими способами:

а) по здравому смыслу (т.е. как считает нужным разработчик);

б) по наименьшим расстояниям (в первую очередь заполняются клетки с минимальным расстоянием между пунктами выемки и насыпи на плане, т.е. клетки расположенные ближе к линии нулевых работ).

Таблица 2.5.1 – Общий вид шахматной балансовой ведомости

			Насыпь						
			H1	H2	H3	H4	H _n	Отвал	Σ
			V _{H1} ^{OK}	V _{H2} ^{OK}	V _{H3} ^{OK}	V _{H4} ^{OK}	V _n ^{OK}	Σ1-Σ2	V _{Hn} ^{OK}
Выемка	B1	V _{B1}	V ₁₁ ^{L₁₁}	–	–	V ₁₄ ^{L₁₄}	–	–	V _{B1}
	B2	V _{B2}	–	V ₂₂ ^{L₂₂}	V ₂₃ ^{L₂₃}	–	–	–	V _{B2}
	B3	V _{B3}	–	–	–	–	V _{3n} ^{L_{3n}}	V _{3o} ^{L_{3o}}	V _{B3}
	B _m	V _{Bm}	V _{m1} ^{L_{m1}}	–	–	–	V _{mn} ^{L_{mn}}	–	V _{Bm}
	Карьер	Σ2-Σ1	–	V _{k2} ^{L_{k2}}	–	V _{k4} ^{L_{k4}}	–	–	Σ2-Σ1
	Σ	ΣV _{Bi}	V _{H1} ^{OK}	V _{H2} ^{OK}	V _{H3} ^{OK}	V _{H4} ^{OK}	V _{Hn} ^{OK}	Σ1-Σ2	ΣV _{Bi} =ΣV _{Hi}

После полного распределения грунта в заполненных клетках с поставками грунта проставляются расстояния между соответствующими пунктами выемки и насыпи (дальность перемещения), которые берутся из таблицы 6 л.р. №1 или находятся как расстояния между соответствующими центрами тяжести пунктов выемки и насыпи на плане площадки, построенном в масштабе.

Дальность перемещения грунта из "карьера" в пункты насыпи и из пунктов выемки и котлована в "отвал" принимается равной расстоянию перевозки грунта, указанному в задании.

Среднее расстояние перемещения грунта из планировочной выемки в планировочную насыпь:

$$L_{CP}^{ПЛ} = \frac{\sum V_{ij} \cdot L_{ij}}{\sum V_{ij}}, \text{ м.} \quad (2.5.4)$$

Шахматная балансовая ведомость для площадки на рисунке 2.5.1 представлена в таблице 2.5.2.

Таблица 2.5.2 – Пример шахматной балансовой ведомости

			Насыпь									
			H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	Σ
			2.42	73.62	339.01	11.44	151.69	102.71	381.89	413.95	788.74	2265.47
Въёмка	B1	965.22								67.08 248.23	80.6 716.99	965.22
	B2	478.50						30.60 43.96	42.43 362.79		67.08 71.75	478.5
	B3	408.33		32.95 38.57	41.23 339.01					42.43 30.75		408.33
	B4	137.39	11.08 2.42							29.12 134.97		137.39
	B5	35.05		9.00 35.05								35,05
	B7	208.38				15.28 11.44	16.6 151.69	30.52 45.25				208.38
	B8	13.50						16.39 13.50				13.50
	B9	19.10							20.84 9.10			19.10
	Σ	2265.47	2.42	73.62	339.01	11.44	151.69	102.71	381.89	413.95	788.74	2265.47

$$L_{cp}^n = (248,23 \times 67,08 + 716,99 \times 80,6 + 43,96 \times 30,60 + 362,79 \times 42,43 + 71,75 \times 67,08 + 38,57 \times 32,95 + 339,01 \times 41,23 + 30,75 \times 42,43 + 2,42 \times 11,08 + 134,97 \times 29,12 + 35,05 \times 9,00 + 11,44 \times 15,28 + 151,69 \times 16,6 + 45,25 \times 30,52 + 13,50 \times 16,39 + 9,10 \times 20,84) / (248,23 + 716,99 + 43,96 + 362,79 + 71,75 + 38,57 + 339,01 + 30,75 + 2,42 + 134,97 + 35,05 + 11,44 + 151,69 + 45,25 + 13,50 + 9,10) = 121302,38 / 2265,47 = 53,54 \text{ м}$$

2.5.3. Составление картограммы распределения грунта земляных масс

В случае определения L_{cp} аналитическим, графическим или графо-аналитическим способами предварительно составляется шахматная балансовая ведомость в форме таблицы 2.5.1. Картограмма распределения строится на основе таблицы 2.5.2 с указанием при помощи стрелок направления перемещения грунтовых масс (стрелки соединяют соответствующие центры тяжести пунктов выемки и насыпи). Над стрелкой проставляется объем перемещаемого грунта, под стрелкой – расстояние перемещения.

Например, для таблицы 2.5.2 картограмма распределения представлена на рисунке 2.5.2.

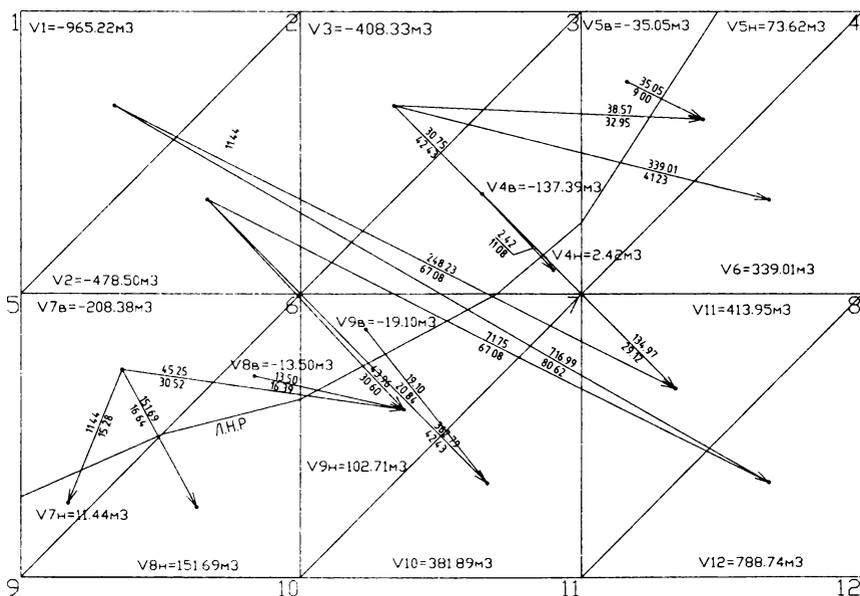


Рисунок 2.5.2 – Картограмма распределения грунтовых масс

2.6. Анализ результатов, полученных при определении $L_{\text{ср}}^{\text{пл}}$, вычисленного аналитическим методом и методом шахматного баланса

1. Сравнить среднее расстояние перемещения грунта из планировочной выемки в планировочную насыпь ($L_{\text{ср}}^{\text{пл}}$), полученное аналитическим методом и методом шахматного баланса, определив абсолютную и относительную ошибку.
2. Выполнить анализ полученных результатов.

2.7. Выполнение лабораторной работы и составление отчета

Лабораторная работа выполняется на основе результатов, полученных при выполнении лабораторной работы № 1, в следующем порядке:

1. Определить приведенные объемы грунтовых масс.
2. Построить план площадки с приведенными и откорректированными объемами грунтовых масс.
3. Определить положение центра тяжести одной сложной фигуры (по выбору), вычисленное методом статических моментов.
4. Определить координаты центров тяжести выемки и насыпи и определить $L_{\text{ср}}^{\text{пл}}$ аналитическим методом.
5. Составить шахматную балансовую ведомость и на ее основании определить $L_{\text{ср}}^{\text{пл}}$.
6. Составить картограмму распределения грунтовых масс.
7. Выполнить сравнительный анализ полученных результатов.

В состав отчета входят:

1. Исходные данные.
2. Определение приведенных объемов грунтовых масс.
3. План площадки с приведенными и откорректированными объемами грунтовых масс.
4. Определение положения центра тяжести одной сложной фигуры, вычисленного методом статических моментов.
5. Определение координат центров тяжести выемки и насыпи и определение $L_{\text{ср}}^{\text{пл}}$ аналитическим методом.
6. Составление шахматной балансовой ведомости и определение $L_{\text{ср}}^{\text{пл}}$ на ее основе.
7. Составление картограммы распределения грунтовых масс.
8. Анализ полученных результатов.

2.8. Контрольные вопросы

1. Цель определения среднего расстояния перемещения грунта из выемки в насыпь при вертикальной планировке площадки.
2. Принимаемые ограничения и упрощения при проведении расчетов.
3. Определение центра тяжести сложной плоской фигуры графическим методом и методом статических моментов.
4. Аналитический метод расчета среднего расстояния перемещения грунта из выемки в насыпь площадки.
5. Определение среднего расстояния перемещения грунта из выемки в насыпь площадки методом шахматного баланса грунтовых масс.
6. Составление картограммы распределения грунтовых масс.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:

*Лешкевич Николай Васильевич
Пчелин Вячеслав Николаевич
Чернован Николай Вячеславович
Щербач Валерий Петрович
Юськович Георгий Иванович
Чернюк Владимир Петрович
Юськович Виталий Иванович
Тюшкевич Татьяна Николаевна
Игнатюк Татьяна Валерьевна*

Методические указания

к выполнению лабораторных работ по дисциплинам
«Технология строительного производства», «Строительство
автомобильных дорог» для студентов специальностей
1-70 02 01 "Промышленное и гражданское строительство",
1-27 01 01 "Экономика и организация производства
(строительство)", 1-70 03 01 "Строительство автомобильных
дорог", 1-74 04 01 "Сельское строительство и обустройство
территорий" дневной и заочной форм обучения

Часть 1

Ответственный за выпуск: Юськович Г.И.
Редактор: Боровикова Е.А.
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 21.02.2014 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Гарнитура Arial Narrow.
Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 2,3. Уч. изд. 2,5. Заказ № 123. Тираж 100 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.