

МОДУЛЬ 3

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЛИТОСФЕРЫ

Задание № 6. Расчет вместимости полигонов для складирования ТБО

Цель работы – изучить методику и произвести расчет вместимости полигонов для складирования твердых бытовых отходов (ТБО).

Основные теоретические сведения

В настоящее время наиболее распространенными сооружениями по обезвреживанию твердых бытовых отходов являются полигоны. Современные полигоны – это комплексы природоохранных сооружений, предназначенные для складирования, изоляции и обезвреживания ТБО, обеспечивающие защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующие распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

Проектируемую вместимость полигона рассчитывают с учетом удельной обобщенной годовой нормы накопления ТБО на одного жителя, которая включает накопление ТБО в учреждениях и организациях, число обслуживаемого полигоном населения, расчетный срок эксплуатации, степень уплотнения ТБО в процессе их укладки в тело полигона и после его закрытия [7, 8].

Вместимость полигона E_T на расчетный срок определяется по формуле

$$E_T = (Y_1 + Y_2) \cdot (N_1 + N_2) \cdot T \cdot K_2 / 4K_1, \quad (6.1)$$

где Y_1 и Y_2 – удельные годовые нормы накопления ТБО по объему на 1-й и последний годы эксплуатации полигона, м³/чел.·год; N_1 и N_2 – количество обслуживаемого полигоном населения на 1-й и последний годы эксплуатации полигона, чел.; T – расчетный срок эксплуатации полигона, год; K_1 – коэффициент, учитывающий уплотнение ТБО в процессе эксплуатации

полигона на весь срок T ; K_2 – коэффициент, учитывающий объем наружных изолирующих слоев грунта (промежуточный и окончательный).

Удельная годовая норма накопления ТБО по объему на n -й год эксплуатации определяется из условия ежегодного роста ее по объему (среднее значение по РФ 3–5 %):

$$V_2 = V_1 \cdot 1,03^T, \quad (6.2)$$

Коэффициент K_1 , учитывающий уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона за весь срок T , принимаем по табл. 6.1.

Таблица 6.1

Масса бульдозера или катка, т	Полная проектируемая высота полигона, м	K_1
3...6	20...30	3
12...14	менее 20	3,7
12...14	20...40	4
20...22	50 и более	4,5

Примечание. Значения K_1 приведены при соблюдении послойного уплотнения ТБО, оседания в течение не менее 5 лет и плотности ТБО в местах сбора $\rho = 200 \text{ кг/м}^3$.

Коэффициент K_2 , учитывающий объем изолирующих слоев грунта в зависимости от общей высоты, принимаем по табл. 6.2 или 6.3.

При расчете вместимости полигона необходимо учитывать демографические изменения численности населения в обслуживаемом районе за расчетный период:

$$H_2 = H_1 K_3, \quad (6.3)$$

где K_3 – коэффициент, учитывающий демографические изменения в обслуживаемом районе за счет рождаемости и миграции населения, $K_3 = 1 \dots 1,4$.

Таблица 6.2

Общая высота, м	5,25	7,5	9,75	12...15	16...39	40...50	≥ 50
K_2	1,37	1,27	1,25	1,22	1,2	1,18	1,16

Примечание.

1. При обеспечении работ по промежуточной и окончательной изоляции полностью за счет грунта, разрабатываемого в основании полигона, $K_2 = 1$.
2. В таблице слой промежуточной изоляции принят 0,25 м. При применении катков КМ-305 допускается слой промежуточной изоляции 0,15 м.

Таблица 6.3

Степень уплотнения (K_2) ТБО при различных способах их прессования
(уплотнения) в зависимости от давления

Способ прессования	Давление, МПа (кг/см ²)	Степень уплотнения, раз
<i>При сборе</i>		
Уплотнение сухих отходов в учреждениях или торговых предприятиях.	0,1-0,2 (1-2)	3-6
<i>При транспортировании</i>		
Уплотнение в мусоровозе при сборе. Прессование при перегрузке в контейнеры.	0,02-0,1 (0,2-1) 0,03-0,6 (0,3-0,6)	1,5-3
<i>При переработке и захоронении</i>		
Прессование на специальных прессах с последующим захоронением на полигонах.	5-30 (50-300)	8-10
Послойное уплотнение отходов при захоронении на полигонах.	0,1(1)	3-4

Площадь участка складирования ТБО, м², определяется по формуле

$$S_{y.c.} = \frac{3 \cdot E_T}{H_{II}^1}, \quad (6.4)$$

где H_{II}^1 – высота складирования ТБО, предварительно согласованная с архитектурно-планировочным управлением, м.

Так как при эксплуатации полигона необходима площадь для размещения вспомогательной зоны, для полосы вокруг полигона и для подъездных дорог (это учтено введением коэффициента 1,1 перед $S_{y.c.}$), а также дополнительная

хозяйственная площадь, требуемая площадь полигона S_{Π} должна быть несколько больше:

$$S_{\Pi} = 1,1S_{y.c.} + S_{доп}, \quad (6.5)$$

где хозяйственная зона $S_{доп.}$ занимает в зависимости от количества принимаемых полигоном ТБО и специальных требований заказчика от 5 до 15 % от общей площади.

После определения величины $S_{y.c.}$ можно уточнить значение высоты H_{Π}^1 . Для этого надо учесть, что на самом деле «холм» ТБО имеет форму усеченной пирамиды, причем размеры верхней площадки должны обеспечивать безопасные развороты мусоровозов. Следовательно, ширина верхней площадки должна быть не менее 40 м. В связи с вышеизложенным получим формулу для определения объема «холма» ТБО:

$$E_T = \frac{H_{\Pi}^1 (S_{y.c.} + S_{в.п.} + \sqrt{S_{y.c.} \cdot S_{в.п.}})}{3}, \quad (6.6)$$

где $S_{в.п.} = 40 \cdot 40 = 1600 \text{ м}^2$ – площадь верхней площадки, м^2 , откуда определим уточненную высоту складирования:

$$H_{\Pi}^1 = \frac{3 \cdot E_T}{S_{y.c.} + S_{в.п.} + \sqrt{S_{y.c.} \cdot S_{в.п.}}}. \quad (6.7)$$

Потребный объем грунта для изоляции $V_{г}$, м^3 , рассчитывают по формуле

$$V_{г} = E_T \left(1 - \frac{1}{K_2}\right). \quad (6.8)$$

Проектируемый котлован должен полностью обеспечить потребность в грунте, следовательно, его объем должен быть равен $V_{г}$. С учетом наличия откосов и картовой схемы полигона можно рассчитать глубину котлована $H_{к}$, м:

$$H_{к} = 1,1 \frac{V_{г}}{S_{y.c.}}. \quad (6.9)$$

В формуле (6.8) площадь дна для котлована равна $S_{y.c.}$.

На последнем этапе находят верхнюю отметку полигона ТБО, м, после его наружной изоляции слоем грунта толщиной 1 м:

$$H_{в.о.} = H_{\Pi}^1 - H_{к} + 1. \quad (6.10)$$

Пример расчета

Исходные данные. Расчетный срок эксплуатации полигона $T = 20$ лет. Годовая удельная норма накопления ТБО с учетом жилых зданий и непромышленных объектов на год проектирования $Y_1 = 1,1 \text{ м}^3/\text{чел.}\cdot\text{год}$. Количество обслуживаемого населения на год проектирования $N_1 = 250$ тыс. чел. Высота складирования ТБО, предварительно согласованная с архитектурно-планировочным управлением, $H_n^1 = 40$ м.

Решение. Количество обслуживаемого населения прогнозируется через 20 лет с учетом близко расположенных населенных пунктов согласно (6.3) $N_2 = 350$ тыс. чел. Определим значение параметров, отсутствующих в исходных данных: $K_1 = 4$, $K_2 = 1,18$. Удельная годовая норма накопления ТБО по объему на 20-й год эксплуатации определяется из условия ежегодного роста ее по объему на 3 %:

$$Y_2 = 1,1 \cdot 1,03^{20} = 1,99 \text{ м}^3/\text{чел.}\cdot\text{год}.$$

Проектируемая вместимость полигона E_T согласно (6.1) составит

$$E_T = (1,1 + 1,99) \cdot (250000 + 350000) \cdot 20 \cdot 1,18 / 16 = 2734650 \text{ м}^3.$$

Площадь участка складирования ТБО равна

$$S_{y.c.} = 3 \cdot 2734650 / 40 = 205099 \text{ м}^2.$$

Находим требуемую площадь полигона:

$$S_{\Pi} = 1,1 \cdot 205099 + 0,15 \cdot 205099 = 256374 \text{ м}^2.$$

Определим уточненную высоту складирования ТБО:

$$H_{\Pi}^1 = \frac{3 \cdot 2734650}{205099 + 1600 + \sqrt{205099 \cdot 1600}} = 36,5 \text{ м}^2.$$

Потребный объем грунта для изоляции равен

$$V_{\Gamma} = 2734650 \left(1 - \frac{1}{1,18} \right) = 417150 \text{ м}^3.$$

Глубина котлована составит

$$H_{\kappa} = 1,1 \cdot 417150 / 205099 = 2,24 \text{ м}.$$

Находим верхнюю отметку полигона ТБО после его наружной изоляции слоем грунта толщиной 1 м:

$$H_{\text{во}} = 36,5 - 2,24 + 1 = 35,26.$$

Полученная высота складирования не превышает высоту, согласованную архитектурно-планировочным управлением. Примем габаритные размеры участка складирования 410×500 м.

Алгоритм выполнения практической работы

1. Изучить теоретические сведения по методике расчета вместимости полигонов для складирования твердых бытовых отходов, которая представлена в методических указаниях к работе.
2. Выбрать вариант задания к работе (табл. 6.6). Номер варианта выбирается студентом из табл. 6.7 по первым двум буквам его фамилии.
3. Произвести необходимые расчеты.
4. Составить отчет о практической работе в соответствии с требованиями (прил. А).
5. Ответить на вопросы самоконтроля.

Таблица 6.6

Варианты заданий

№ варианта	Расчетный срок эксплуатации полигона T, лет	Годовая удельная норма накопления ТБО в населенном пункте $У_1$, м³/чел.·год	Количество обслуживаемого населения на год проектирования N_1, тыс. чел.	Высота складирования ТБО $H_{\text{п}}$, м.
1.	15	1,1	100	10
2.	20	1,2	130	15
3.	25	1,3	150	20
4.	30	1,4	200	25
5.	15	1,5	250	30
6.	20	1,6	300	35

№ варианта	Расчетный срок эксплуатации полигона T, лет	Годовая удельная норма накопления ТБО в населенном пункте $У_1$, м³/чел.год	Количество обслуживаемого населения на год проектирования N_1, тыс. чел.	Высота складирования ТБО H_{10}, м.
7.	25	1,7	350	40
8.	30	1,8	400	45
9.	15	1,9	450	50
10.	20	2,0	500	55
11.	25	1,1	130	25
12.	30	1,2	150	10
13.	15	1,3	200	15
14.	20	1,4	250	20
15.	25	1,5	300	25
16.	30	1,6	350	30
17.	15	1,7	400	35
18.	20	1,8	450	40
19.	25	1,9	500	45
20.	30	2,0	600	50
21.	15	1,1	110	55
22.	20	1,2	120	60
23.	25	1,3	130	10
24.	30	1,4	150	15
25.	15	1,5	200	20
26.	20	1,6	250	25
27.	25	1,7	300	30
28.	30	1,8	350	35
29.	15	1,9	400	40
30.	20	2,0	450	45

№ варианта	Расчетный срок эксплуатации полигона T, лет	Годовая удельная норма накопления ТБО в населенном пункте $У_1$, м³/чел.год	Количество обслуживаемого населения на год проектирования N_1, тыс. чел.	Высота складирования ТБО H_{10}, м.
31.	25	1,1	500	50
32.	30	1,2	300	55
33.	15	1,3	450	60
34.	20	1,4	500	10
35.	25	1,5	550	15
36.	30	1,6	130	20
37.	15	1,7	150	25
38.	20	1,8	200	30
39.	25	1,9	250	35
40.	30	2,0	300	40
41.	15	1,1	350	45
42.	20	1,2	400	50
43.	25	1,3	450	55
44.	30	1,4	500	60
45.	15	1,5	130	20
46.	20	1,6	150	25
47.	25	1,7	200	30
48.	30	1,8	250	35
49.	20	1,9	300	40
50.	25	2,0	350	45

Выбор варианта

Первые две буквы фамилии	№ варианта	Первые две буквы фамилии	№ варианта
Аа-Ак	1	Ма-Мл	21
Ал-Ая	2	Мк-Мя	22
Ба-Бк	3	На-Нл	23
Бл-Бя	4	Нм-Ня	24
Ва-Вк	5	Оа-Ок	25
Вл-Вя	6	Ол-Оя	26
Га-Гк	7	Па-Пк	27
Гл-Гя	8	Пл-Пя	28
Да-Дк	9	Ра-Рк	29
Дл-Дя	10	Рл-Ря	30
Еа-Ея	11	Са-Ск	31
Ёа-Ёя	12	Сл-Ся	32
Жа-Жя	13	Та-Тк	33
За-Зя	14	Тл-Тя	34
Иа-Ик	15	Уа-Ул	35
Ил-Ия	16	Ум-Уя	36
Ка-Кл	17	Фа-Фя	37
Км-Кя	18	Ха-Хя	38
Ла-Лк	19	Ца-Ця	39
Лл-Ля	20	Ча-Чя	40

Первые две буквы фамилии	№ варианта	Первые две буквы фамилии	№ варианта
Ша-Шл	41	Эл-Эя	46
Шм-Шя	42	Юа-Юл	47
Ща-Щл	43	Юм-Юя	48
Щм-Щя	44	Яа-Ял	49
Эа-Эк	45	Ям-Яя	50

Вопросы самоконтроля

1. Какие данные необходимы для расчета вместимости полигона ТБО?
2. Как учитывается изменение численности населения при расчете вместимости полигона?
3. Какая средняя плотность ТБО соответствует благоустроенным жилым домам?