ветствие с естественными ресурсами тепла ресурсы влаги. Это одно из важнейших условий получения ежегодных максимальных урожаев сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Валуев В. Е. Среднегодовые теплоэнергетические ресурсы процесса суммарного испарения.— В кн.: Научные труды Омского сельхозинститута, т. 99. Омск, 1972.
2. Мезенцев В. С. Форма аналитической зависимости суммарного испарения от влажности почвы и теплоэнергетических ресурсов.— В кн.: Научные труды Омского сельхозинститута, т. X. Омск, 1960.

В. Г. АФОНИН, В. Н. РЫЛОВ

МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ МЕЛИОРИРУЕМЫХ БОЛОТНЫХ МАССИВОВ

Болотные массивы Полесской низменности характеризуются наличием многочисленных минеральных повышений на фоне мелкозалежных торфяников. Минеральные выклинивания занимают от 3 до 20% общей площади мелиорируемых объектов, имеют самую разнообразную форму и высоту.

Результаты исследований последних лет показали целесообразность проведения капитальной планировки болотных массивов, позволяющей уже в первые годы использования значительно повысить продуктивность мелиорируемых участков.

К сожалению, методики расчета проектных объемов перемещения грунтовых масс для объектов Полесской низменности пока нет. Известны лишь общие методики определения объемов перемещаемых земляных масс (по профилям, квадратным и треугольным призмам).

Для проверки и оценки точности расчетов объемов перемещаемых земляных масс нами выбран опытный участок на мелиоративном объекте Осиповка Брестской области. Здесь имеются отдельные минеральные повышения овально-вытянутой конфигурации площадью от 0,03 до 0,83 га и высотой от 25 до 96 см. Общая площадь повышений составляла 19% всей площади участка.

Были выбраны два варианта площади по степени выраженности мезорельефа.

1. Высота минеральных повышений до 80 см над уровнем

окружающего торфяника. Отметки поверхности колебались от проектной на 30—50 см. Частные уклоны поверхности имели значения от 0,029 до 0,041.

2. Высота минеральных повышений до 50 см. Частные уклоны поверхности с ярко выраженным рельефом составляли от 0,011 до 0,025.

При оценке методик определения объемов земляных работ были использованы результаты геодезической съемки поверхности по квадратам со сторонами 10 и 20 м.

В результате расчетов по различным методикам оказалось, что объемы, подсчитанные по профилям, на 20—50%, а по квадратам на 10—15% меньше, чем по треугольникам.

Рассмотрим методику получения параметров оптимальных девятиточечных формул.

1. Девятиточечные формулы подсчета элементарных объемов

Пусть значения Z_k ($k = 0, 1, \ldots, 8$) функции $Z = f(x, y)$ заданы в девяти точках квадратной сетки с шагом h (рис. 1).

Эти значения обычно получаются в результате вертикальной съемки планируемого участка.

Требуется вычислить интеграл V от функции Z по данной ячейке сетки (значение интеграла соответствует объему земляной массы, основанием которой служит эта ячейка). Правомерно считать угловые точки (2, 4, 6, 8) равноправными (они одинаково отстоят от центра ячейки — точки 0). Считая равноправными и точки 1, 3, 5, 7, положим, что $Z_r = Z_2 + Z_4 + Z_6 + Z_8$, а $Z_n = Z_1 + Z_3 + Z_5 + Z_7$. Рассмотрим теперь двупараметрическое семейство кубатурных формул

$$V = V(\alpha, \beta) = h^2 [4(1 - \alpha - \beta) Z_0 + \alpha Z_n + \beta Z_r],$$

или

$$V = h^2 [4Z_0 + \alpha(Z_n - 4Z_0) + \beta(Z_r - 4Z_0)].$$

Отметим, что при определенных значениях α и β мы получим известные кубатурные формулы:

при $\alpha = 4/9$; $\beta = 1/9$ — формулу Симпсона,

при $\alpha = 1/2$; $\beta = 1/4$ — формулу квадратов,

при $\alpha = \beta = 1/3$ — формулу треугольных призм (рис. 5).

Предлагается следующий алгоритм отыскания оптимальных значений параметров α и β. Для каждой элементарной ячейки подсчитывается «фактический» объем $V_{\text{ф}}$ по сгущенной вдвое сетке (предполагается, что исходная таблица значений функции построена именно для такой сетки).

Значения параметров α и β для данной таблицы находятся в соответствии с принципом наименьших квадратов из условия

$$\min_{\alpha,\beta} \sum_{i=1}^{p} [V^i(\alpha,\ \beta) - V^i_{\text{ф}}]^2,$$

т. е. минимизируется сумма квадратов отклонений «теоретических объемов» $V^i(\alpha,\ \beta)$ от «фактических» $V^i_{\text{ф}}$. При этом суммирование ведется по всем возможным p клеткам таблицы. Например, для 30 исходных точек будут рассматриваться две ячейки ($p = 2$) (рис. 2).

Рис. 1

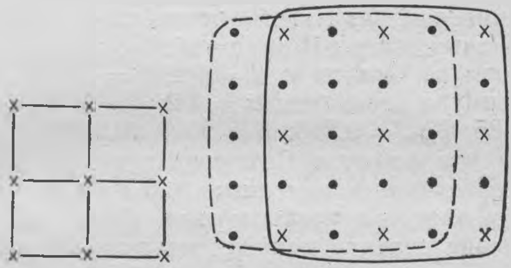

Рис. 2

Используя необходимые условия экстремума, получаем для отыскания α и β следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$\alpha\Sigma (Z_{\text{п}} - \xi)^2 + \beta\Sigma (Z_r - \xi)\ (Z_n - \xi) = \Sigma \left(\frac{V^i_{\text{ф}}}{h^2} - \xi \right) (Z_n - \xi),$$

$$\alpha\Sigma (Z_r - \xi)\ (Z_n - \xi) + \beta\Sigma (Z_r - \xi)^2 = \Sigma \left(\frac{V^i_{\text{ф}}}{h^2} - \xi \right) (Z_r - \xi).$$

Здесь

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{п}}, \quad Z_r = Z^i_r, \quad \xi = 4Z^i_0\,, \quad \Sigma\ \ldots + \sum_{i=1}^{p}\ \ldots$$

В качестве меры отклонения теоретических объемов от фактических брались две величины: среднеквадратическое отклонение

$$S = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{i=1}^{p} [V^i(\alpha,\ \beta) - V^i_{\text{ф}}]^2}$$

и среднее абсолютное отклонение

$$M = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^{p} |V^i(\alpha,\ \beta) - V^i_{\text{ф}}|.$$

Описанный алгоритм был реализован на ЭВМ.

В качестве исходных таблиц брались различные таблицы отметок геодезической съемки. В результате просчетов оказалось, что оптимальные значения α и β различны для различных таблиц, причем во всех случаях α и β оказались наиболее близкими к $\alpha=1/2$, $\beta=1/4$, т. е. наилучшей из известных оказалась формула квадратов.

Приведем результаты просчета по опытному участку Осиповка с исходным шагом 10 м ($p=160$).

Формула Симпсона: $\alpha = 4/9$; $\beta = 1/9$; $S = 101{,}4$; $M = 79{,}4$.

Формула квадратов: $\alpha = 1/2$; $\beta = 1/4$; $S = 91{,}2$; $M = 71{,}7$; $\alpha_{\text{опт}} = 0{,}485$; $\beta_{\text{опт}} = 0{,}218$; $S = 90{,}0$; $M = 70{,}6$.

То, что формула Симпсона хуже формулы квадратов, объясняется следующим: шаг сетки (20 м) здесь не является достаточно малым для того, чтобы можно было остаточный член формулы Симпсона считать меньше остаточного члена формулы квадратов.

2. *О четырехточечных кубатурных формулах*

В настоящее время существуют две распространенные формулы для подсчета объемов земляных масс на базе четырех отметок: формула квадратов (о ней было сказано выше) и формула треугольников. Ниже рассматриваются кубатурные формулы достаточно общего вида и предлагается алгоритм вычисления параметров этих формул.

Пусть из массива значений функции $Z=f(x,\ y)$, заданной на прямоугольной сетке, выделена элементарная ячейка, содержащая 9 точек (рис. 3).

Ставится задача отыскать кубатурную формулул для вычисления интеграла V от функции Z по данной ячейке с использованием

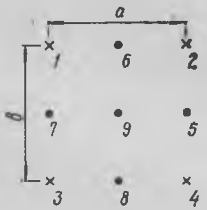

Рис. 3

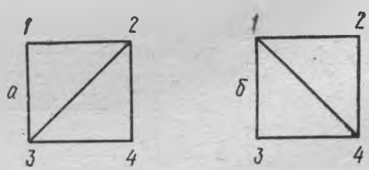

Рис. 4

четырех точек: Z_1, Z_2, Z_3, Z_4. Необходимое в дальнейшем «фактическое» значение интеграла вычисляется по всем девяти точкам на базе формулы квадратов

$$V_\Phi = \frac{ab}{16}\,[Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + 2(Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8) + 4Z_9].$$

Запишем кубатурную формулу в виде

$$V_\Phi = V(x,\ y,\ \gamma).$$

Здесь

$$V(x,\ y,\ \gamma) = \frac{ab}{6}\,[\gamma\sigma_1 + (3-\gamma)\,\sigma_2], \tag{1}$$

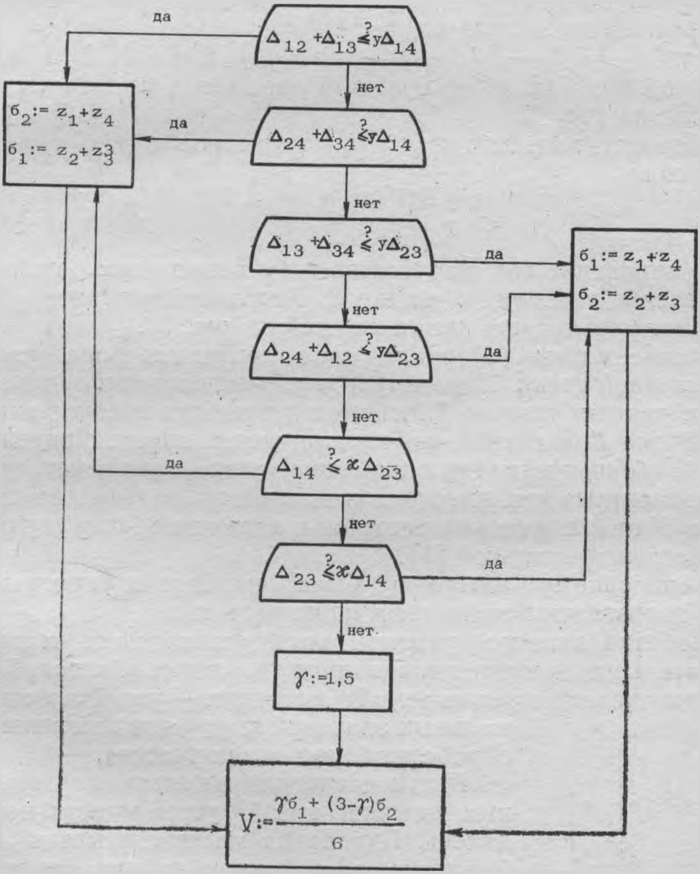

Рис. 5

причем

$$\sigma_1 = Z_1 + Z_4, \quad \sigma_2 = Z_2 + Z_3 \tag{2}$$

либо

$$\sigma_1 = Z_2 + Z_3, \quad \sigma_2 = Z_1 + Z_4. \tag{3}$$

Вопрос о том, по каким формулам ((2) или (3)) нужно вычислять значения σ_1 и σ_2, зависит от значений некоторых параметров x и y (см. ниже), поэтому можно считать, что в формуле (1)

$$\sigma_1 = \sigma_1(x, y), \quad \sigma_2 = \sigma_2(x, y).$$

При $\gamma = 1{,}5$ формула (1) соответствует формуле квадратов: при $\gamma = 1$ и (2), а также при $\gamma = 2$ и (3) — формуле треугольников (2) вида *а* (рис. 8); при $\gamma = 1$ и (3), а также при $\gamma = 2$ и (2) — формуле треугольников вида *в* (рис. 4).

Пусть $\Delta_{ij} = |Z_i - Z_j|$ и при этом $i \neq j$; $i, j = 1, 2, 3, 4$.

Вычисление $V(x, y, \gamma)$ можно осуществлять по блок-схеме, изображенной на рис. 5.

Выбор оптимальных значений параметров x, y, γ производится из условия

$$\min_{x, y, \gamma} \Sigma |V(x, y, \gamma) - V_ф|, \tag{4}$$

где суммирование совершается по всем возможным ячейкам данного массива значений функции Z. При этом, например, 12 точек позволяют рассмотреть две такие ячейки (рис. 6).

Решение задачи (4) реализуется путем перебора узлов пространственной сетки. Параметры x, y, γ меняются в заданных пределах с данным шагом. Такой метод решения требует значительного объема вычислений, но он отличается высокой надежностью. Методы, обеспечивающие лишь нахождение локального экстремума (градиентные и т. п.), здесь использовать нельзя, так как зависимость V от x и y весьма сложная и задача в общем случае является многоэкстремальной [1].

По описанному алгоритму была составлена программа для ЭВМ и произведены соответствующие расчеты.

Обработка данного участка осуществлялась по частям с последовательным увеличением количества ячеек. Основной показатель пригодности предлагаемой методики — устойчивость оптимальных значений x, y, γ при изменении числа обрабатываемых ячеек участка.

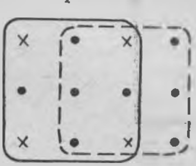

Рис. 6

Как и следовало ожидать, для произвольных участков такой устойчивости не наблюдалось. Однако на массиве отметок участка Осиповка, разделенном на два варианта, отмечена высокая устойчивость параметров для каждого варианта. Значения параметров x, y, γ оказались для первого варианта равными соответственно 0,8; 0,2; 2; для второго варианта — 1; 0,6; 2. Выигрыш в точности по сравнению с формулой квадратов составил примерно 10% [2, 3].

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что для подсчета объемов земляных масс при выполнении мелиоративных работ в районах Полесья предпочтительно использовать формулу квадратов. В ряде случаев, когда имеется несколько сходных участков, можно, воспользовавшись алгоритмом (§ 2 данной статьи), найти оптимальные параметры, x, y, γ для одного из участков (по сгущенной сетке отметок), а затем использовать эти параметры для подсчета объемов на родственных участках.

Литература

1. Зайцев В. Б. О количественной характеристике рельефа при планировке земель под рис.— Гидротехника и мелиорация, 1965, № 10, с. 20—24.

2. Мулин В. И. Расчет основных технико-экономических параметров вертикальной планировки территории.— М., 1974.

3. Ясинецкий В. Г., Фенин Н. К. Организация и технология гидромелиоративных работ.— М., 1975.

Б. В. КАРАСЕВ, В. Н. ЯРОМСКИЙ

ВЛИЯНИЕ ПОЛИАКРИЛАМИДА НА КОРРОЗИЮ СТАЛИ

Опыты по определению влияния полиакриламида (ПАА) на коррозию стали в водных растворах ПАА, а также оптимизации его доз проводились в статических условиях. Полиакриламид (известковый) растворили в водопроводной воде, физико-химические показатели которой следующие:

жесткость, мг-экв/л
общая — 4,9
временная — 4,9
постоянная — отсутствует
сухой остаток, мг/л — 188
pH — 7,25
растворенный кислород, мг/л — 0,2—0,5
углекислота свободная, мг/л — отсутствует
углекислота гидрокарбонатная, мг/л—15,25
углекислота, мг/л — отсутствует
агрессивная углекислота — отсутствует
кальций (Ca^{2+}), мг/л — 190
магний (Mg^{2+}), мг/л — отсутствует
хлор (Cl^{-}), мг/л — 0,02
щелочность, мг-экв/л — 4,70