

применение аналитического или номографического метода для выбора экономических параметров фундаментов из забивных свай вызывает большие осложнения.

Для выбора оптимальных параметров фундаментов из забивных свай без применения ЭВМ наиболее эффективным является графоаналитический метод, основывающийся на использовании диаграмм, таблиц переходных коэффициентов и простейшей формулы [2]. Такая методика позволяет быстро определять по диаграммам и сравнивать технико-экономические показатели устройства свайных фундаментов при различных размерах свай в любых инженерно-геологических условиях и при любых нагрузках на фундамент.

Однако построить диаграммы для всех сочетаний исходных данных практически невозможно; так как существует огромное разнообразие грунтовых условий, нагрузок, типов и размеров свай и других исходных данных. Упростить эту задачу и ограничиться сравнительно небольшим числом диаграмм позволяет использование метода перехода от любой заданной нагрузки на фундамент к эквивалентной ей вертикальной центрально приложенной силе, что дает возможность ограничиться при составлении диаграмм лишь вертикальными центрально приложенными нагрузками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шведовский П.В., Мальцев А.Т., Вейнгарт В.П. Выбор оптимальных решений в строительстве. ЦНИИЭПсельстрой, Ярославль, 1990. – 310с.
2. Романов С.В., Капустин С.В. Разработка и создание автоматизированной системы оптимального проектирования фундаментов каркасных зданий. Сб. Снижение материалоемкости строительства. – Киев: Будівельник, 1983.-с. 102-126.
3. Руководство по выбору проектных решений фундаментов. НИИОСП, НИИЭС, ЦНИИпроект Госстроя СССР. – М: Стройиздат, 1984.-193 с.
4. Кречин А.С., Чернюк В.П., Шведовский П.В. и др. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках. Карте Молдовеняскэ, Кишинев, – 1990. – 245с.

УДК 624.155.001.24

Дёмин В.В., Рудницкий Д.С.

Научные руководители: профессор, к.т.н. Шведовский П.В., ст. препод. Дёмина Г.П.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

Выбор оптимального решения по устройству фундаментов простым перебором возможных вариантов, даже на самых быстродействующих ЭВМ, не всегда обеспечивают ее решение за реально приемлемое время из-за огромной размерности этой задачи. Поэтому целесообразно применять специальные методы оптимизации, позволяющие находить оптимальные решения путем просмотра ограниченного количества вариантов. К таким методам можно отнести методы направленного перебора вариантов, планирования экстремального эксперимента, градиентный метод или метод крутого восхождения.

В качестве примера применения метода направленного перебора рассмотрим поиск оптимальной схемы размещения свай методом односторонних итераций.

Физический смысл задачи оптимизации размещения свай заключается в выборе такой схемы размещения, которая обеспечивала бы минимальную площадь ростверка при удовлетворении расчетов по первому и второму предельным состояниям, и при соблюдении конструктивных ограничений на размеры ростверка.

При этом считаются известными рациональные формы размещения любого количества свай, обеспечивающие равномерную загрузку свай, поэтому оптимизируемыми яв-

ляются только линейные параметры: расстояние между рядами свай вдоль оси X (d_a) и вдоль оси Y (d_b). Количество рядов свай m_a вдоль оси X и m_b вдоль оси Y известно.

Математическая модель поставленной задачи сводится к минимизации функции S :

$$S = [(m_a - 1)d_a + d + 1] [(m_b - 1)d_b + d + 1], \quad (1)$$

где d - диаметр ствола сваи или сторона квадратного сечения, m , l - свес ростверка от внешней грани сваи до края ростверка, m , при наложенных ограничениях

$$d_{\min} \leq d_b \leq d_{\max} \quad d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$$

$$\text{и } K_n \Phi \geq \frac{N + \gamma_{cp} K [(m_a - 1)d_a + d + 1] [(m_b - 1)d_b + d + 1] H}{n}, \quad (2)$$

где d_{\min} и d_{\max} - соответственно минимальное и максимальное допускаемые расстояния между рядами свай, определяемые конструктивно, m ; N - вертикальная сила; Φ - несущая способность сваи, kH ; K_n - допускаемый коэффициент перегрузки свай; γ_{cp} - усредненный удельный вес ростверка и грунта на его обрезах; kH/m^3 ; K - коэффициент перегрузки веса ростверка и грунта на его обрезах; n - количество свай.

Поиск ведется с постоянным значением величины шага итераций (Δd), назначаемым в соответствии с логически допустимой точностью получения конечных результатов.

Полученные в результате односторонних итераций значения d_a и d_b определяют схему размещения свай с минимальной площадью ростверка.

В качестве примера применения метода круглого восхождения и планирования экстремального эксперимента рассмотрим методику выбора оптимальных размеров свайного ростверка.

Рассмотрим решение этой задачи методом круглого восхождения в сочетании с планированием экстремального эксперимента в следующей постановке [1].

Ростверк может быть как симметричным, так и несимметричным. Количество ступеней может быть различным от 1 до n . Высота ступеней принимается одинаковой относительно всех граней. К моменту подбора размеров ступеней считаем известными: количество и схему размещения свай в кусте, усилия на каждую сваю, размеры подошвы ростверка, общую высоту ростверка. В качестве критерия оптимальности принят минимум стоимости ростверка с учетом расхода арматуры.

При указанной постановке независимыми переменными (факторами) являются: высота первой ступени h_1 , высота второй ступени h_2 , ... высота n -й ступени h_n . Все другие переменные факторы, влияющие на стоимость ростверка, являются зависимыми. Таким образом, задача сводится к отысканию минимума функции $C_p = f(h_1, h_2, \dots, h_n)$ при удовлетворении всех условий расчета ступеней на действие поперечной силы, на изгиб и на продавливание, а также конструктивных ограничений.

Применение метода планирования экстремального эксперимента в данном случае основано на том, что в качестве опыта (эксперимента) принимается вычисление значения стоимости ростверка C_p при определенном сочетании X_1, X_2 . Сочетания значений X_1, X_2 принимаются в соответствии со специальной матрицей, позволяющей найти математическую модель функции $C_p = f(X_1, X_2)$. В качестве такой матрицы планирования эксперимента принята матрица полного факторного эксперимента типа 2^2 , приведенная в табл. 1.

Таблица 1 Матрица планирования эксперимента

№ опыта (вариант расчета)	Матрица варьирования				C_p , руб.
	X_0	X_1	X_2	$X_1 X_2$	
1	+1	+1	+1	+1	C_{p1}
2	+1	+1	+1	-1	C_{p2}
3	+1	+1	-1	-1	C_{p3}
4	+1	+1	-1	+1	C_{p4}

В табл. 1 обозначению +1 соответствуют значения факторов на верхнем уровне, а -1 на нижнем уровне, определяемые по формулам:

$$X_1^{(\pm 1)} = h_2^0 \pm \Delta h_{cm} \quad \text{и} \quad X_2^{(\pm 1)} = h_1^0 \pm \Delta h_{cm}, \quad (3)$$

где h_1^0, h_2^0 - высота первой и второй ступеней, соответствующая основному уровню (исходному варианту) конструкции ростверка; Δh_{cm} - шаг (интервал) изменения высоты ступеней.

При принятых комбинациях значений X_1, X_2 , соответствующих табл. 1, расчетами на действие поперечной силы, на изгиб и на продавливание определяются значения ширины ступеней ростверка, расход арматуры, объем бетона ростверка и вычисляются стоимости $C_{p1}, C_{p2}, C_{p3}, C_{p4}$.

После определения стоимости ростверка при рассмотренных четырех сочетаниях X_1, X_2 вычисляются коэффициенты регрессии функции отклика, в качестве которой принимается линейная зависимость

$$C_p = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2, \quad (4)$$

$$\text{где } b_0 = \frac{\sum_{i=2}^4 C_{pi}}{4}; \quad b_1 = \frac{\sum_{i=1,3,4} C_{pi} - C_{p2}}{4}; \quad b_2 = \frac{\sum_{i=1,2} C_{pi} - \sum_{i=3,4} C_{pi}}{4}; \quad b_{12} = \frac{\sum_{i=1,4} C_{pi} - \sum_{i=2,3} C_{pi}}{4}. \quad (5)$$

Для поиска оптимальных значений X_1 и X_2 осуществляется крутое восхождение путем движения по поверхности отклика в направлении антиградиента. Для этого последовательно определяются и сопоставляются стоимости ростверка при следующих комбинациях значений:

$$\begin{aligned} X_1 = h_2^0; X_2 = h_1^0; X_1 = h_2^0 - \Delta h_{cm}; X_2 = h_1^0 - \Delta h_{cm}; \\ X_1 = h_2^0 - 2\Delta h_{cm}; X_2 = h_1^0 - 2\Delta h_{cm}; X_1 = h_2^0 - 3\Delta h_{cm}; X_2 = h_1^0 - 3\Delta h_{cm}, \end{aligned} \quad (6)$$

и т. д. до тех пор, пока стоимость ростверка начнет увеличиваться. Здесь Δh_{cm} и $2\Delta h_{cm}$ - шаги изменения факторов X_1 и X_2 при крутом восхождении, значения которых определяются следующим образом:

$$\text{при } |b_1| \geq |b_2| \text{ принимается } \Delta h_{cm1} = \Delta h_{cm}, \quad \Delta h_{cm2} = \frac{|b_2|}{|b_1|} \Delta h_{cm};$$

$$\text{при } |b_1| < |b_2| \text{ } \Delta h_{cm1} = \frac{|b_1|}{|b_2|} \Delta h_{cm}, \quad \Delta h_{cm2} = \Delta h_{cm}.$$

Знак Δh_{cm1} принимается таким же, как знак b_1 , а знак Δh_{cm2} - как знак b_2 .

Ну и бесспорно, более чем целесообразно, имея сегодня мощнейшие вычислительные комплексы, искать решения на базе "наибольшей предпочтительности", т.е. оптимизации совокупности показателей эффективности, то собственно решение представимо в виде следующих частных задач [2, 3, 4]:

-разработать способ представления вариантов, удобный для полного перебора вариантов из исходного множества;

-разработать полный набор показателей эффективности, которые должны учитываться при оценке каждого варианта, шкалы оценок по каждому показателю эффективности и процедуру оценок;

-построить формальные процедуры, позволяющие выделить из исходного множества вариантов (альтернатив) подмножество наиболее предпочтительных вариантов;

-разработать формальную процедуру, позволяющую на основе подмножества наиболее предпочтительных вариантов построить ряд предпочтительности альтернатив.

А это требует:

-обоснование набора критериев эффективности, подлежащих рассмотрению в усло-

виях данной модели;

-оценка относительной предпочтительности критериев или построение некоторой шкалы предпочтительности (определения значимости);

-определение условий возможного компромиссного варианта решения, т. е. выбор схем компромисса и расчета обобщенного критерия.

Отсюда в общей форме задача многоцелевого выбора может быть сформулирована следующим образом. Пусть a - решение (вариант, альтернатива) из множества допустимых решений A . Качество решения оценивается локальными критериями (показателями эффективности) x_1, x_2, \dots, x_n .

В наиболее общем случае такая модель может быть представлена в виде функции

$$k_{ki} = f_{ki}(k_{a1}, k_{a2}, \dots, k_{aj}, \dots, k_{an}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (7)$$

где k_{aj} , k_{ki} - показатели, характеризующие определенное свойство или особенность соответственно конструктивного и организационно-технологического решения.

Однако, учитывая наличие и обратных связей, необходима и разработка моделей типа

$$k_{aj} = \varphi_{aj}(k_{k1}, k_{k2}, \dots, k_{ki}, \dots, k_{km}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (8)$$

с помощью которых может оцениваться влияние конструктивных факторов на технологические решения.

Так как технологические и конструктивные параметры взаимосвязаны, то необходима и разработка моделей типа

$$\begin{aligned} k_{ai} &= \psi_j(k_{a1}, k_{a2}, \dots, k_{aj}, \dots, k_{an}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \\ k_{ki} &= \psi_j(k_{k1}, k_{k2}, \dots, k_{kj}, \dots, k_{km}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (9)$$

Что же касается вида показателей эффективности и критериев сравнения, то они должны выбираться исходя из поставленных целей, а значимость показателей эффективности - устанавливаться в зависимости от вида решаемой задачи.

В общем виде модель многоцелевого выбора, соответствующая данной формулировке, может быть записана в следующем виде:

$$a^0 = \varphi^{-1}[\text{opt}(x(a), \lambda)], \quad (10)$$

или при случае, когда существует не единственное рациональное решение, выделяется подмножество решений A^0 с моделью более общего вида:

$$A^0 = \{a^0\} = \bigcup_{a \in A} \varphi^{-1}[\text{opt}(x(a), \lambda)], \quad (11)$$

где opt - оператор многоцелевого выбора, показывающий принцип оптимизации и оптимизирующий векторный критерий; φ^{-1} - обратное отображение $x \rightarrow a = \varphi^{-1}(x)$.

Логическая схема, позволяющая реализовать все эти задачи и выбрать альтернативные варианты, представлена на рис. 1.

Следует отметить, что реализация многоцелевого выбора требует также четкого определения области и схемы компромисса решений, нормализации и учета приоритетности анализируемых решений. При реализации любых технических задач всегда можно отыскать область возможных решений, в которой показатели эффективности (ПЭ) непротиворечивы, т. е. они согласуются, и поэтому оптимальное решение целесообразно искать только в области компромисса. Область компромисса, с практической точки зрения, определяется как подмножество решений, для которых невозможно улучшение без уменьшения уровня хотя бы одного показателя эффективности [5, 6].

Задачи определения области компромисса по моделям могут быть решены различными методами направленного поиска, адаптированного поиска, аппроксимации и т. д. Когда количество возможных вариантов решений и количество ПЭ ограничено, задача многоцелевого выбора может быть удобно представлена в виде матрицы. Процедура

определения областей компромисса может быть выполнена и с использованием алгоритмов оценки доминирования, что позволяет значительно сузить область нахождения оптимальных решений, т.е. область компромиссов можно принять за оптимальное (рациональное) решение.

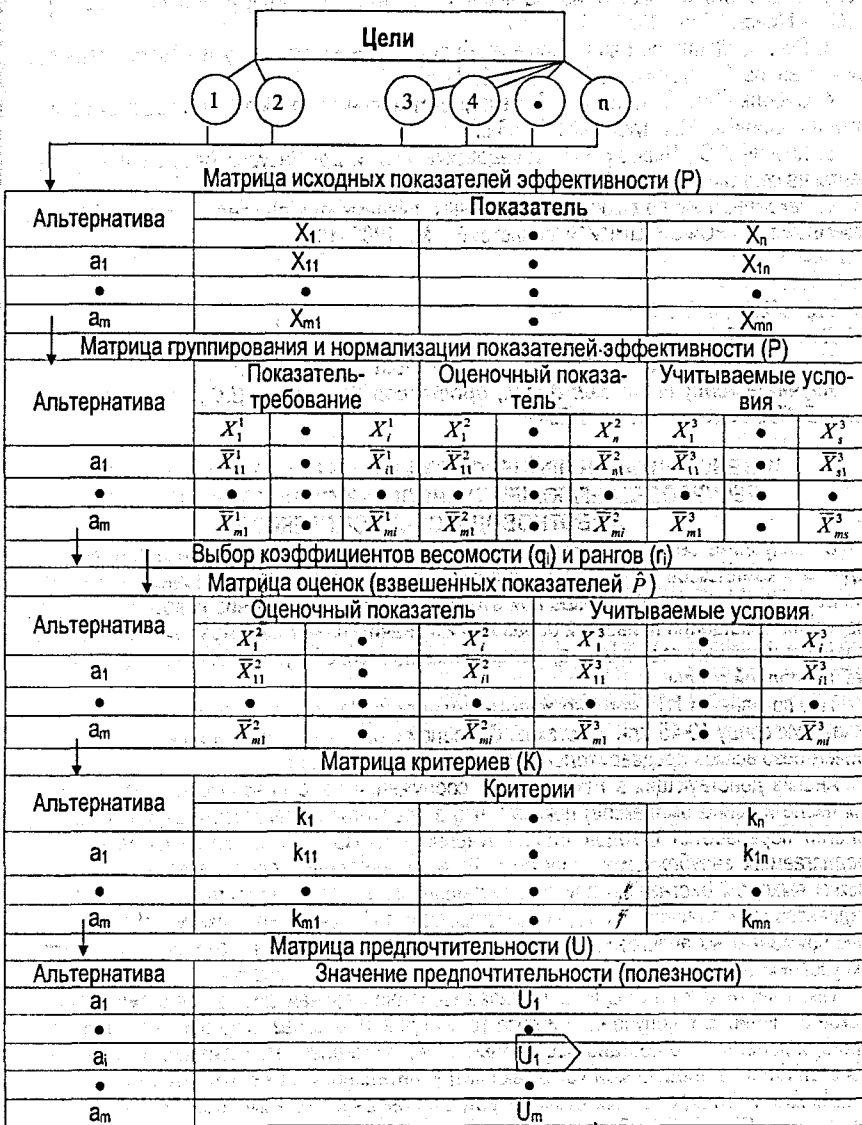


Рис. 1 Логическая схема реализации задачи по выбору оптимального решения

ЛИТЕРАТУРА

1. Шведовский П.В., Мальцев А.Т., Вейнгарт В.П. Выбор оптимальных решений в строительстве. ЦНИИЭПсельстрой, Ярославль, 1990. – 310с.
2. Рекомендации по оценке и выбору рациональных конструкций фундаментов для гражданского строительства на намывных территориях Белорусской ССР. Госстрой БССР. - Минск, ИСИА, 1982. - 40 с.
3. Рекомендации по рациональной области применения в строительстве свай различных видов. Госстрой СССР. - М., 1978.-17 с.
4. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями.- М: Наука, 1981. - 196 с.
5. Кречин А.С., Чернюк В.П., Шведовский П.В. и др. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках. Карте Молдовеняскэ, Кишинев, - 1990. – 245с.
6. Рекомендации по выбору экономичных фундаментов для сельских зданий Нечерноземной зоны РСФСР. ЦНИИЭПсельстрой. - М., 1985.-18 с.

УДК 662.76, 628.356

Янчилин П.Ф.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Новосельцев В.Г.;

Научные консультанты: д.т.н., профессор Северянин В.С.; член-корреспондент БИТА, доцент Урецкий Е.А.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ БИОГАЗОВОЙ СМЕСИ В РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В Республике Беларусь построено и эксплуатируется большое количество животноводческих комплексов, основанных на применении прогрессивных поточных технологий производства мяса. Применяемое при этом гидросмывное удаление навоза из животноводческих помещений привело к образованию значительных объемов высококонцентрированных навозных сточных вод, представляющих серьезную опасность для окружающей природной среды.

Так, по данным [1] ежегодно животноводческие комплексы республики вносят в окружающую среду 40-45 млн. м³ стоков. Основной формой их утилизации является полив, причём безо всякой предварительной очистки и дезинфекции.

Анализ действующих в РБ очистных сооружений животноводческих комплексов (в том числе и свинокомплексов) показал, что в республике практически отсутствуют технологии переработки отходов для получения биогаза. Что же касается технологий, предлагаемых зарубежными фирмами, то и их внедрение сдерживается: во-первых, низким выходом биогаза по причине большого количества ингибирующих процесс ингредиентов (аммонийного азота, сероводорода и пр.); во-вторых, низким к.п.д. традиционно применяемых энергетических установок, работающих на биогазе; в-третьих, высоким уровнем загрязнения воздушного бассейна продуктами сгорания.

Так, в частности на СГЦ РУСП «Западный» иностранная фирма предложила техническое решение для получения биогаза только для 10% образующегося навоза, да и то строго определенного состава. Остальные 90%, по мнению этой фирмы, использовать для этой цели на внедряемой установке затруднительно. Она же отказалась и от очистки высококонцентрированных сточных вод свиноводческого комплекса. Решение этого вопроса для СГЦ РУСП «Западный» крайне важно. Как известно, свиноводческий комплекс на 100 000 голов вносит со сбрасываемыми стоками такое количество биологических загрязнений, которое эквивалентно городу с 300 000 жителей.