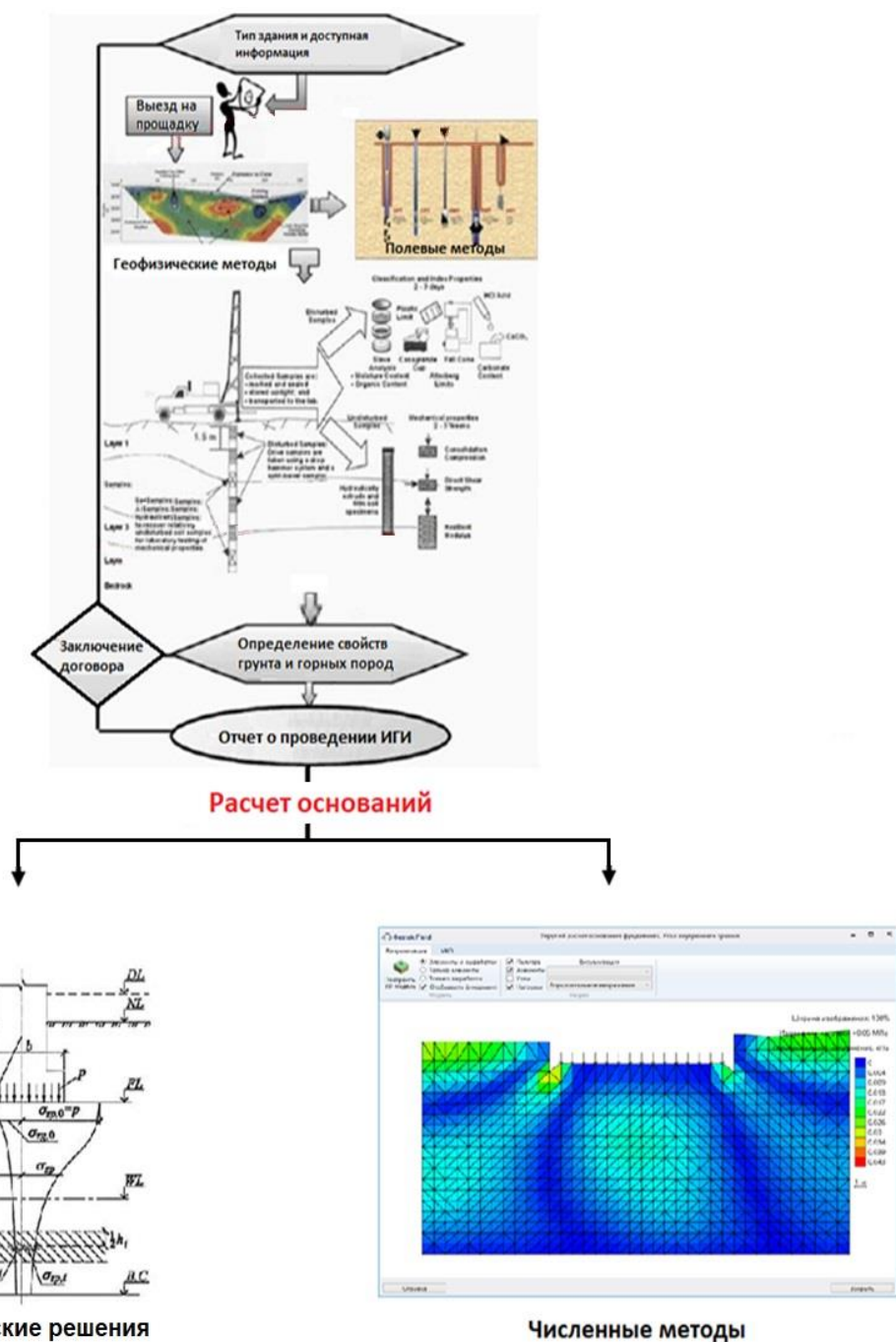


А. Детерминированный подход



Детерминированный подход к задачам инженерно-геологических исследований и проектированию оснований

Детерминированный подход определяется некоторыми известными параметрами и является традиционным в геотехнике. Детерминированный подход к оценке надежности проектирования оснований зданий и сооружений использует при моделировании оснований инженерно-геологические элементы (ИГЭ) в виде слоев грунта с постоянными свойствами в пределах этих слоев. ИГЭ включает некоторый объем грунта одного и того же типа (подтипа), вида (подвида) и разновидности при

изменении значений характеристик грунта в пределах элемента случайно (незакономерно) или при наблюдающейся закономерности изменения характеристик грунтов с коэффициентом вариации для физических характеристик грунта $\leq 0,15$, для механических $\leq 0,30$ (СП 446.1325800.2019).

Расчет оснований выполняется по двум предельным состояниям: несущей способности и деформации с использованием численных или аналитических методов, а коэффициент безопасности получается с запасом, не превышающий установленных нормами предельных значений контролируемых параметров. Например, при расчете по деформациям, осадка и крен здания не должны быть более предельно-допускаемых, которые нормированы в СП 22.13330.2016 или несущая способность основания должна быть более передаваемой нагрузки на основание.

Проектирование по предельным состояниям

Большинство инженерных задач может быть решено путем сопоставления двух следующих величин: внешнее воздействие (S) и сопротивление (R). Безопасность конструкции требует, чтобы $R > S$. Разрушение или отказ происходит всякий раз, когда $R < S$. Эта общая формулировка применима к большинству проблем гражданского строительства.

В настоящее время детерминированный подход является методом, наиболее широко используемым инженерами-строителями при проектировании сооружений. В детерминированном подходе поведение рассматриваемой конструкции определяется известными постоянными нормативными параметрами внешнего воздействия (S) и сопротивления (R).

Проектирование конструктивных элементов производится следующим образом: расчетное значение сопротивления R_d сравнивается с соответствующим нормативным значением S_d . Требование к безопасности конструкции обеспечивается выполнением условия:

$$R_d > S_d . \quad (1)$$

Расчетное значение R_d представляет сопротивления R , деленное на коэффициент запаса γ_R , который учитывает упрощения, связанные с моделью, неопределенностями и изменчивостью свойств материала.

Расчетное значение S_d учитывает различные расчетные ситуации, а также соответствующие нагрузки. Здесь снова введен коэффициент безопасности γ_d для того, чтобы учесть упрощения. При проектировании необходимо проводить различие между преобладающими и сопутствующими эффектами, учитываемые различными коэффициенты безопасности.

Наиболее характерной особенностью детерминированного подхода является тот факт, что как сопротивление, так и внешнее воздействие

определяются постоянным значением, причем это значение является результатом множества соображений и сценариев. В концепции этого постоянного значения заключается основное отличие от вероятностного подхода.

При детерминированном подходе к задаче геотехники следует учитывать следующие требования ГОСТ 27751-2014:

1. В качестве основных параметров механических свойств грунтов следует устанавливать нормативные и расчетные значения прочностных, деформационных и других физико-механических характеристик, определяемых на основе данных инженерно-геологических изысканий участка строительства объекта с учетом опыта проектирования и строительства.

2. Нормативные значения характеристик грунта или параметров, определяющих взаимодействие фундаментов с грунтом, следует принимать равными их математическим ожиданиям, полученным по результатам обработки результатов испытаний, если не оговорены иные условия, определяющие их значения.

3. Возможные отклонения в неблагоприятную сторону прочностных и других характеристик материалов и грунтов от их нормативных значений следует учитывать коэффициентами надежности по материалу. Значения этих коэффициентов могут быть различными для разных предельных состояний.

4. Расчетное значение характеристик материалов и грунтов определяют делением нормативного значения этих характеристик на коэффициент надежности по материалу или грунту. Расчетные значения характеристик материалов и грунтов допускается определять непосредственно по экспериментальным данным.

Проектные значения в детерминированном подходе определяются следующим образом:

- расчетное значение S_k

Как правило, нормативное или расчетное значение соответствует вероятности $p_t = 1 - p_f = 95\%$ (ГОСТ 27751-2014, ГОСТ 2394-2016), в случае нормального закона распределения. Это означает, что существует вероятность превышения нормы для S_k в 5%.

- коэффициент безопасности γ_s

Этот коэффициент учитывает недостаточную точность значения нагрузки с коэффициентом γ_f и неопределенности, связанные с методами расчета γ_m . Значения для обоих коэффициентов определены в соответствующих стандартах на проектирование (например, СП 22.13330). В случае линейной зависимости между нагружением и сопротивлением, коэффициент запаса прочности γ_m вычисляется как

$$\gamma_s = \gamma_f \cdot \gamma_m \quad (2)$$

Проектное значение для нагрузки определяется уравнением:

$$S_d = \frac{S_k}{\gamma_s} \quad (3)$$

Проектное значение сопротивления определяется как функция значений:

- свойства материала X_d ;
- геометрические данные a_d ;
- неопределенности, обусловленные моделью сопротивления, учитываются с коэффициентом запаса прочности γ_R , а свойства материала - с коэффициентом γ_m .

$$\gamma_M = \gamma_R \cdot \gamma_m \quad (4)$$

Затем проектное значение сопротивления определяется уравнением

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (5)$$

Интересно отметить, что детерминированный подход к проектированию, тем не менее, основан на вероятностном проектировании. Действительно, значения характеристик определяются с помощью фиксированного процентиля распределения по нормальному закону (в большинстве случаев, но теоретически это может быть и другой вероятностный закон). В связи с этим важно отметить, что 5%-ный коэффициент не является фиксированным процентилем, а зависит от уровня надежности, который необходимо достичь. Чем выше требуемый уровень надежности, тем больше значение характеристики.

Более того, коэффициенты запаса прочности, приведенные в стандартах для детерминированного подхода, скрывают вероятностную процедуру, с помощью которой они были определены. Эта детерминированная процедура, предусмотренная стандартами, обеспечивает надежность конструкции и уверенность инженера, ответственного за проектирование конструкции, но эта надежность не поддается количественной оценке. Так как не дает количественного представления о том, насколько конструкция близка к отказу. Детерминированный подход может показаться большинству инженеров надежным и заставлять их делать вид, что они проектируют безопасные конструкции, но на самом деле он не дает хорошего понимания надежности конструкции. Вероятностный подход уравнивает этот недостаток количественной оценки надежности и предлагает способ оценки надежности конструкций.

Детерминированный подход может быть объединен с анализом надежности, но варианты должны быть тщательно оценены.