

Классификация методов количественной оценки устойчивости склонов

И.К. Фоменко

ООО «Оренбург Прожект Менеджмент»,
105082 г. Москва, ул. Бакунинская, д. 92, стр. 2,
тел.+7-916-922-45-39, e-mail: ifolga@gmail.com

Классификации методов расчета устойчивости склонов развивались параллельно с развитием расчетных методик. Однако спустя почти три века оценка устойчивости склонов по-прежнему остается сложной задачей в геотехнике. В настоящее время существует достаточно много (более 200) подходов к расчету устойчивости склонов. Выбор тех или иных методов в первую очередь определяется математическим аппаратом решения задачи, типом оползневого процесса и механизмом возможного смещения оползневых масс. Их многообразие вызывает необходимость классификации [1].

Существуют классификации, учитывающие механизм развития оползневого процесса и модели поведения грунтов. В качестве классификационного признака может выступать размерность (плоская, пространственная) решаемой задачи, предельная схема определения коэффициента устойчивости, механизм оползневого процесса.

В связи с интенсивным развитием подходов к расчету УС многие ранее используемые критерии для классификации в настоящий момент не могут быть применены ко всему множеству методов. Например, форма поверхности скольжения неприемлема для разделения на классы при численном анализе методами конечных разностей и конечных элементов. Более того, даже в методах предельного равновесия, с введением процедуры оптимизации, форма поверхности скольжения не может являться определяющим критерием при классификации. Учет механизма оползневого процесса целесообразнее производить через особенности построения расчетной модели (например, путем использования соответствующих критериев разрешения и моделей поведения грунтов, слагающих склон).

Предлагаемая классификационная схема основана на механико-математическом подходе к решению задачи (см. рисунок). В соответствии с ней методы расчета устойчивости склонов условно можно разделить на несколько принципиальных групп:

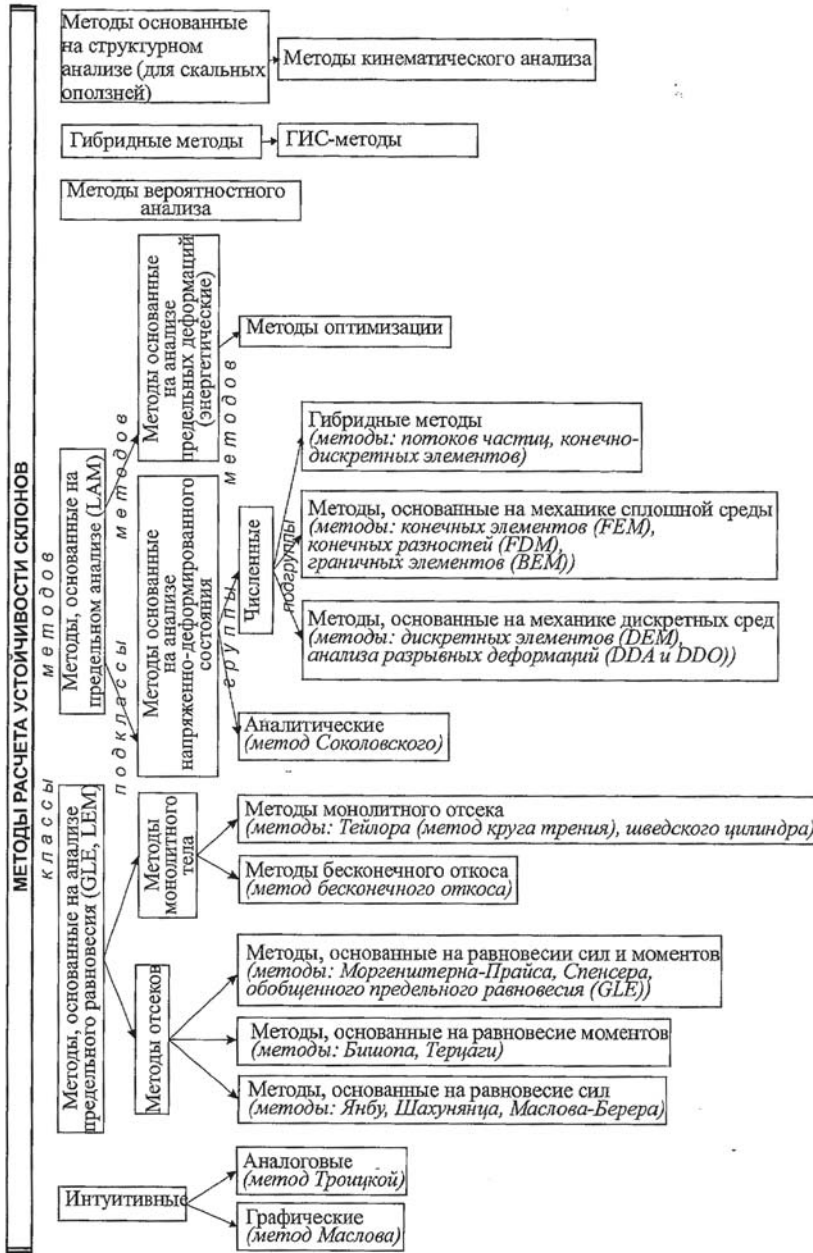


Рис. Классификация методов расчета устойчивости склонов, основанная на механико-математическом подходе

интуитивные; основанные на анализе предельного равновесия; основанные на предельном анализе; основанные на структурном анализе; методы вероятностного анализа; комбинированные методы, в том числе с использованием ГИС технологий.

К *группе интуитивных методов* отнесены все приближенные графические и аналоговые методы: метод Маслова (графический и аналитический), метод Троицкой.

Группа методов, основанных на анализе предельного равновесия, является одной из наиболее обширных. В ней можно выделить две подгруппы: методы монолитного тела и методы отсеков. К подгруппе методов монолитного тела относятся метод бесконечного откоса и собственно методы монолитного тела (методы Иванова, Тейлора, Тер-Аракеляна и др.). Следует отметить, что в настоящее время их использование на практике встречается крайне редко. Подгруппа методов отсеков включает в себя методы, основанные на разделении оползневого тела на отсеки. При общем подходе методы отсеков в зависимости от числа уравнений равновесия, которые удовлетворяются в том или ином методе, можно разделить на три основных типа (рис.):

– удовлетворяющие общему равновесию моментов (методы Бишопа, Терцаги и др.);

– удовлетворяющие общему равновесию сил (методы Янбу, Шахунянца, Маслова-Берера и др.);

– удовлетворяющие общему равновесию моментов и сил (методы Моргенштерна-Прайса, Сарма, Спенсера, Можевитинова, обобщенного предельного равновесия (GLE) и др.).

Группа методов, основанных на анализе предельного состояния, также является достаточно обширной. Базовая идея, заложенная в основу описываемой группы методов, заключается в том, что грунты, слагающие склон, рассматриваются как идеально пластичное тело, удовлетворяющее условиям связанности пластичного течения. В этом случае поведение грунтов будет ограничено двумя предельными теоремами пластического разрушения (верхней и нижней границей). Следует отметить, что большинство из современных методов расчета устойчивости склонов базируется именно на этом принципе. В составе рассматриваемой группы методов могут быть выделены две подгруппы: подгруппа методов, основанных на анализе предельных деформаций (методы дискретной оптимизации состояния (DLO), метод Соловьева), и подгруппа методов анализа напряженно-деформированного состояния. В составе последней подгруппы могут быть выделены два типа методов: аналитические (методы Соколовского, Ивано-

ва) и численные методы. В составе численных методов, в свою очередь, в отдельные подтипы выделяются:

— методы, основанные на механике сплошной среды (методы конечных элементов, конечных разностей и граничных элементов);

— методы, основанные на модели дискретной среды (метод анализа разрывных деформаций (DDA), метод дискретных элементов (DEM), метод отдельных элементов и метод клеточных автоматов);

— гибридные методы (расширенный метод предельного равновесия, метод подвижных клеточных автоматов (МСА), метод потоков частиц и др.).

Группа вероятностных методов анализа объединяет в себе методы, учитывающие в том или ином виде изменчивость прочностных свойств грунтов, оцениваемую, как правило, с использованием статистических показателей. При использовании вероятностного метода устойчивость склона оценивается в терминах вероятности движения грунта на склоне, выраженной через показатели устойчивости (коэффициент запаса, коэффициент устойчивости склона).

Выделение *группы комбинированных методов с использованием ГИС* связано со все более широким использованием ГИС технологий при оценке устойчивости оползневых и оползнеопасных склонов. Зачастую исходные данные при выполнении расчетов представляют собой пространственную (в последнее время нередко трехмерную) информацию, в том числе по геометризации склонового массива, представленную в формате ГИС.

Группа геолого-структурных методов включает в себя методы, направленные, в большей степени, на оценку устойчивости склонов, слагаемых скальными и полускальными грунтами. Особенностью анализа устойчивости скальных и полускальных откосов является выполнение оценки в два этапа. На первом этапе анализируется структура скального массива для определения ориентации плоскостей, по которым возможно его обрушение (плоскости напластования, системы трещин). Если полученные результаты показывают возможность обрушения, то на втором этапе производится собственно расчет устойчивости. В составе рассматриваемой группы методов могут быть выделены две подгруппы:

— методы анализа возможного обрушения по единственной плоско-наклонной поверхности скольжения;

— методы анализа возможного обрушения по двум пересекающимся плоскостям скольжения (типа «клин»).

Заключение. Предложенный механико-математический подход к классификации методов расчета устойчивости оползневых и оползнеопасных склонов представляется оптимальным для построения иерархической структуры классификационной системы соподчиненных непересекающихся таксонов, удовлетворяющей требованиям формальной логики. Вместе с тем следует отметить, что группы методов расчета устойчивости оползневых и оползнеопасных склонов постоянно развиваются, формулируются новые идеи и возникают новые подходы к решению задачи по оценке устойчивости склонов. В связи с этим очевидно, что классификация методов расчета устойчивости склонов также должна развиваться и совершенствоваться вместе с совершенствованием методов расчета устойчивости склонов.

Литература

1. *Фоменко И.К.* Общая классификационная схема методов расчета устойчивости склонов // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития: Матер. междунар. науч.-практ. конф. Одесса, 2012. Т. 35. №3. С. 75–81.

