

УДК (628.393.614.8)

Г.И. Касперов, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);

М.Э. Новиков, магистрант (УГЗ, г. Минск);

В.Е. Левкевич, проф., д-р техн. наук (БНТУ, г. Минск)

## ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСОВ (БОРТОВ) ПРОМЫШЛЕННЫХ КАРЬЕРОВ

По литературным источникам, а также базе данных Минприроды установлено, что в Беларуси эксплуатируется более двух тысяч карьеров (см. таблицу) из них 63 единицы – это промышленные карьеры с большой глубиной выработки (более 20 м) и возможным образованием карьерных водоемов, затрудняющих эксплуатацию объектов.

Для оценки устойчивости бортов карьеров используются различные методики, в основу которых положен закон сохранения массы и расчета соотношения сдвигающих и удерживающих сил, которые определяют коэффициент устойчивости и состояние откоса.

**Таблица 1 – Карьеры строительных материалов Беларуси**

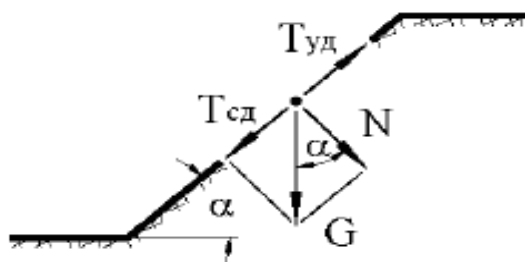
АТЕ	Об- щее кол-во карье- ров	Пло- щадь, га	Промышленные карьеры		
			полезное ископаемое	кол-во карье- ров	пло- щадь, га
Брестская обл.	482	829	ПГС, песок, гравий, камень. глина. мел	72	375
Витебская обл.	390	958	ПГС, песок, глина. доломит	89	772
Гомельская обл.	371	1041	ПГС, песок, гравий, камень. глина. керамзит	64	753
Гродненская обл.	364	137	ПГС, песок, глина. мел, сопро- пели	103	1047
Минская обл.	386	895	ПГС, песок, глина. мел, ГПС, ГПМ	88	712
Могилевская обл.	258	1146	ПГС, песок, глина. мел, мар- гель	52	912
Всего	2251	6279		468	4571

Наиболее распространенными методами расчета устойчивости являются инженерные методы, основанные на силовых схемах равновесия грунтовых массивов:

- устойчивость откоса из идеально сыпучего грунта;
- метод круглоцилиндрических поверхностей;

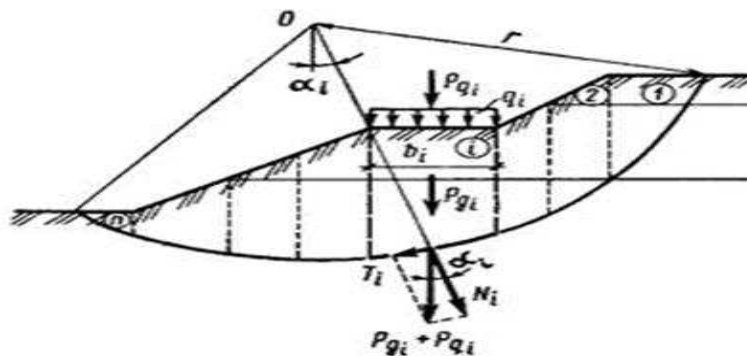
- расчет устойчивости по методу Г.М. Шахунянца;
- устойчивость вертикального откоса в связном грунте;
- метод расчета оползневого давления по гипотезе разрывных блоков;
- метод расчёта с учётом фильтрационных сил.

Откос из идеально сыпучего грунта имеет свободную поверхность, наклоненную к горизонтальной плоскости под углом  $\alpha$ , что показано на рисунке 1.



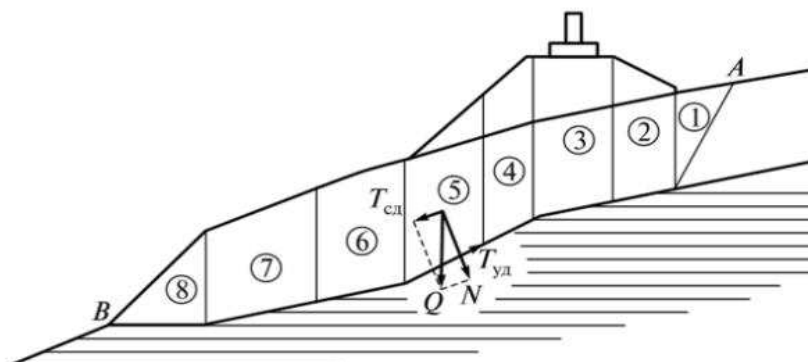
**Рисунок 1 – Предельное равновесие откоса, сложенного идеально сыпучим грунтом.**

При методе круглоцилиндрических поверхностей предполагают, что потеря устойчивости откоса или склона, представленного на рисунке 2, может произойти в результате вращения отсека грунтового массива относительно некоторого центра  $O$ .



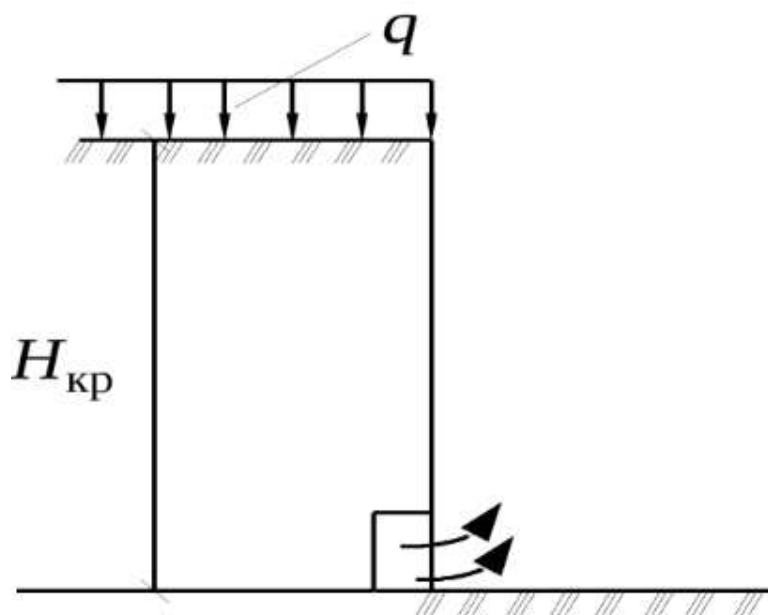
**Рисунок 2 – Расчётная схема устойчивости откосов методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения**

Оценка устойчивости по методу Г.М. Шахунянца выполняется из условия равновесия массива смещающегося грунта (блока возможного смещения) с некоторым запасом (см. рисунок 3),



**Рисунок 3 – Схема определения устойчивости по методу Г.М. Шахунянца**

В методике расчета устойчивости вертикального откоса в связном грунте предполагается, что под действием нагрузки на поверхности откоса и веса грунта в наиболее напряженной точке подошвы откоса возникнет предельное напряженное состояние. Поскольку в этой части имеется возможность свободного выпора грунта вправо, представленного на рисунке 4, в этой точке сжимающее напряжение приравнивают к сопротивлению грунта одноосному сжатию.



**Рисунок 4 – Критическая высота нагруженного вертикального откоса связного грунта**

Метод для расчёта оползневой нагрузки произвольной поверхности скольжения является модификацией метода Г.М. Шахунянца. Основная особенность в том, что сопротивления грунта сдвигу считается упругопластическим и возможна ситуация отрыва части оползня (рисунок 5).

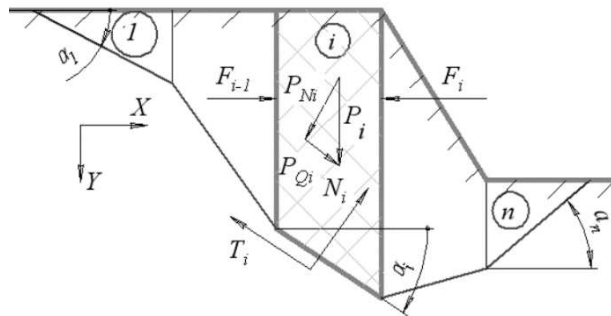


Рисунок 5 – Схема расчёта по методу разрывных блоков

В настоящее время разработано большое количество методических рекомендаций по оценке и прогнозированию устойчивости откосов и склонов карьеров, а также береговых склонов.

В имеющихся методиках основными причинами потери устойчивости откосов и склонов являются:

- устройство недопустимо крутого откоса или подрезка склона, находящегося в состоянии, близком к предельному;
- увеличение внешней нагрузки (возведение сооружений, складирование материалов на откосе или вблизи его бровки);
- изменение внутренних сил (увеличение удельного веса грунта при возрастании его влажности или влияние взвешивающего давления воды на грунты);
- неправильное назначение расчетных характеристик прочности грунта или снижение его сопротивления сдвигу за счет, повышения влажности;
- проявление гидродинамического давления, сейсмических сил, различного рода динамических воздействий (движение транспорта, забивка свай и. т. п.).

В условиях Республики Беларусь наиболее приемлемой методикой расчёта устойчивости откосов является метод Г.М. Шахунянца. Также можно использовать метод круглоцилиндрических поверхностей, но данный метод не годится для промышленных карьеров с обводнённым дном, так как не учитывает подпора воды.