

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

УДК 620.9.008

С. Н. Березовский, канд. техн. наук

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ДЕФИЦИТА ПЕСКА И ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ В МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКОЙ КАРЬЕРОВ

В статье рассматриваются рациональные подходы по добыче нерудных строительных материалов, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение, в частности, возможность добычи песка и песчано-гравийной смеси обводненным способом экскаваторами типа «драглайн» и «обратная лопата» на предприятиях дорожной отрасли Могилевской области. Также произведен расчет параметров, которые позволят рационально и эффективно вести разработку экскаваторами типа «драглайн» в обводненном карьере; мощность обводненной породы при этом может достигать 3 м.

По данным Госпромнадзора РБ в нашей стране зарегистрировано более 1000 карьеров, из них более 320 эксплуатируется в настоящее время. Могилевское областное управление Госпромнадзора осуществляет контроль за ведением горных работ открытым способом на 38 предприятиях. Под надзором имеется 44 карьера нерудных строительных материалов. Из них на двух карьерах годовая производительность составляет более 1 млн м³ в год, на трех – от 50 до 300 тыс. м³ в год, на остальных 39 карьерах – менее 50 тыс. м³ в год. В Могилевской области песчано-гравийных карьеров всего 12, из них только два крупных: «Козуличи» Кировского района и «Дубровка» Шкловского района, которые находятся на балансе УТПК «Облдорстрой». Запасы песчано-гравийной смеси (ПГС) в карьере «Козуличи» в ближайшее время будут выработаны.

На остальных 10 карьерах, которые занимают небольшую площадь, в основном от 5 до 15 га, качество песчано-гравийной смеси не всегда соответствует требованиям стандартов и нормативных актов. Преимущественно на качество ПГС оказывает влияние большее содержание глинистых частиц и

гравия в смеси мелких фракций 5...10 и 10...20 мм, что не устраивает дорожные предприятия, которые разрабатывают эти карьеры. Часто при разработке гравийных карьеров встречаются прослойки некондиционных пород, что говорит о низком качестве проведенных геологоразведочных работ. Особенно редко встречается песчано-гравийная смесь на востоке и юге Могилевской области. Многим предприятиям приходится возить автотранспортом гравийный материал с ближайших областей, что вызывает большие расходы. Однако проблеме дефицита песчано-гравийной смеси в Могилевской области можно решить следующим образом.

Все дорожные предприятия Могилевской области заказывают геологоразведочные работы таким образом, чтобы запасы полезного ископаемого утверждались на 0,5...1 м выше уровня грунтовых вод. Но обводненные запасы на глубину до 3 м без водопонижения можно отработать экскаваторами с емкостью ковша до 1 м³ типа «драглайн» (Э-652, ЭО-5111, ЭО-4111) или экскаваторами типа «обратная лопата» (ЭО-4124, ЭО-4321), которые имеются на многих предприятиях. Нетрудно подсчитать,

что даже при площади месторождения в 10 га отработка обводненных запасов на глубину 3 м (а учитывая целик в 0,5...1 м, который оставляется до уровня грунтовых вод, – то на глубину 3,5...4 м) даст дополнительный объем полезного ископаемого в 350...400 т·м³. В дорожно-ремонтно-строительных управлениях годовая производительность по песку и песчано-гравийной смеси в большинстве случаев составляет 15...20 т·м³, а следовательно, этот дополнительный объем в 350...400 т·м³ продлит срок службы карьера до 20 лет.

Забоем драглайна обычно является торец или откос уступа, а нормальным – торцевой или тупиковый забой, расположенный ниже горизонта установки экскаватора. Для данной схемы работы важным параметром технологии является максимальная глубина забоя (высота

уступа), разрабатываемого нижним черпанием. Согласно правилам безопасности высота уступа при его разработке драглайном не должна превышать максимальную глубину черпания. Следовательно, определение предельной глубины черпания равносильно обоснованию допустимой высоты уступа.

Рассмотрим известные способы аналитического определения высоты уступа. Согласно существующим представлениям высота уступа определяется известным соотношением (рис. 1)

$$H = (R_{\text{ч}} - z - \frac{b}{2} - l_n) \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где $R_{\text{ч}}$ – радиус черпания экскаватора; z – ширина бермы безопасности; b – длина хода экскаватора; l_n – длина шага передвижки экскаватора.

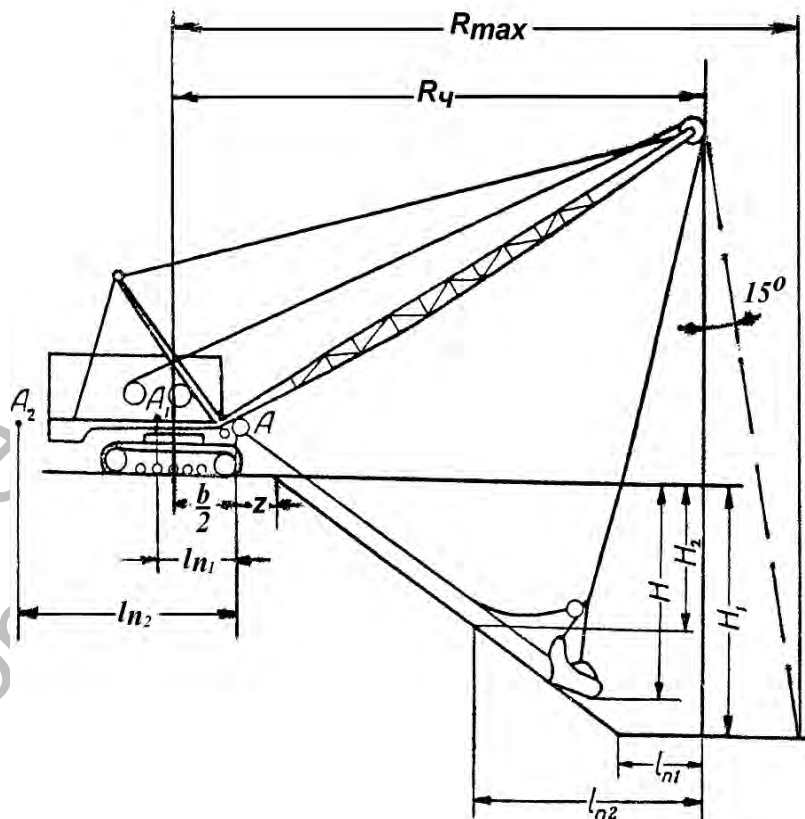


Рис. 1. Схема к определению высоты уступа аналитическим методом

Безопасное расстояние от верхней бровки уступа до оси вращения драглайна можно представить формулой

$$B = \frac{b}{2} + z. \quad (2)$$

Ширину призмы возможного обрушения (бермы безопасности) можно определить из выражения

$$z = H(\operatorname{ctg} \gamma - \operatorname{ctg} \alpha), \quad (3)$$

где H – высота уступа; γ – угол устойчивого откоса уступа; α – угол рабочего откоса уступа.

Непосредственное применение формулы (1) для определения допустимой высоты уступа затруднительно, т. к. в правой части уравнения (1) содержится неизвестная величина – ширина призмы возможного обрушения, которая сама зависит от высоты уступа.

После подстановки (3) в формулу (1) получим

$$H = (R_q - H(\operatorname{ctg} \gamma - \operatorname{ctg} \alpha) - \frac{b}{2} - l_n) \operatorname{tg} \alpha. \quad (4)$$

Выполним преобразования (4) следующим образом:

$$H = R_q \operatorname{tg} \alpha - H \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{ctg} \gamma - \operatorname{ctg} \alpha) - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \alpha - l_n \operatorname{tg} \alpha.$$

Перенесём в левую часть все члены, содержащие высоту уступа, и, вынося H за скобки, имеем

$$H(1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \gamma - \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \alpha) = \left(R_q - \frac{b}{2} - l_n \right) \operatorname{tg} \alpha.$$

Учитывая, что $\operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \alpha = 1$, упростим левую часть равенства:

$$H \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \gamma = \left(R_q - \frac{b}{2} - l_n \right) \operatorname{tg} \alpha$$

и после сокращения на $\operatorname{tg} \alpha$ левой и

правой частей получим

$$H = \left(R_q - \frac{b}{2} - l_n \right) \cdot \operatorname{tg} \gamma. \quad (5)$$

Таким образом, допустимая высота уступа оказывается независимой от угла откоса рабочего уступа α и определяется радиусом черпания, шириной хода драглайна, шагом передвижки и углом устойчивого откоса уступа. Рассмотрим решение уравнения (5) при следующих исходных данных: $R_q = 11$ м, $b = 3$ м, $l_n = 1$ м, $\gamma = 40^\circ$. Численное решение уравнения (5) для рассмотренных выше исходных данных даёт высоту $H = 7,12$ м.

Решение такого уравнения можно найти, используя численные методы – метод половинного деления и др.

Рассмотрим решение этой задачи на примере метода половинного деления. Пусть дано уравнение

$$f(x) = 0, \quad (6)$$

где функция $f(x)$ непрерывна на $[a, b]$ и на концах отрезка имеет разные знаки, т. е. $f(a) f(b) < 0$.

Для нахождения корня уравнения (1), принадлежащего отрезку $[a, b]$, делим этот отрезок пополам и положим $x_1 = (a + b/2)$. Если $f(x) = 0$, то x_1 является корнем уравнения. Если $f(x) \neq 0$, то выбираем тот из отрезков $[a, x_1]$ или $[x_1, b]$, на концах которого $f(x)$ имеет противоположный знак. Полученный отрезок снова делим пополам и действия повторяем. Процесс продолжается до тех пор, пока длина отрезка, на концах которого функция имеет противоположные знаки, не будет меньше заданного ε . Как только длина отрезка станет меньше ε , любую точку отрезка можно с точностью ε принять за корень уравнения $f(x) = 0$. При вычислениях использовался программный модуль определения высоты уступа на основе рассмотренного метода, написанный на языке Бейсик и включающий следую-

щие списки переменных: R – радиус черпания драглайна; Y – угол устойчивого откоса уступа; I – угол рабочего откоса уступа, B – ширина хода драглайна; L – шаг передвижки экскаватора; A, B – концы отрезка $[a, b]$; E – заданная точность ε . Результат XI – вычисленное значение корня. Вспомогательная переменная: Z – имя функции $Z = f(x)$; X – формальный аргумент функции Z и промежуточные переменные D, K, M .

Решение уравнения $x = 7,13$ приведено для следующих данных: $R = 11$ м, $Y = 40^\circ$, $I = 50^\circ$, $B = 3$ м, $L = 1$ м, $A = 0$, $B = 20$, $E = 0,001$.

Таким образом, результаты, полученные разными методами, совпадают, что подтверждает достоверность предлагаемых моделей.

Важным параметром системы разработки, наряду с высотой уступа, является ширина экскаваторной заходки.

Для её определения при проектировании используется формула

$$A = R_q (\sin \omega_1 + \sin \omega_2), \quad (7)$$

где ω_1, ω_2 – углы рабочего разворота драглайна в каждую сторону от его оси. Величину углов ω_1, ω_2 в литературе рекомендуется принимать не более $30 \dots 45^\circ$ для каждого угла разворота экскаватора в обе стороны от оси его движения. При разработке горных пород с небольшими значениями углов устойчивых откосов уступов с торцевым забоем значения допустимых углов ω_1, ω_2 , на наш взгляд, необходимо уточнять расчётом с учётом расположения оси движения экскаватора, угла устойчивого откоса уступа и радиуса черпания экскаватора (рис. 2).

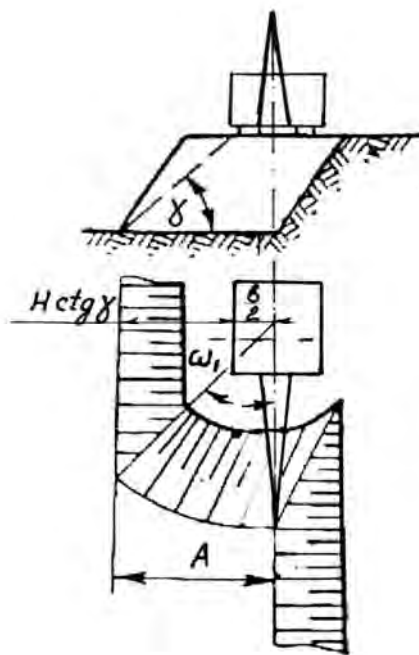


Рис. 2. Схема к определению ширины заходки драглайна

В уравнении (7) положим $\omega_2 = 0$ и определим минимальное значение ширины заходки. Из рис. 2 следует, что

$$R_q \sin \omega_1 \geq H \operatorname{ctg} \alpha + H (\operatorname{ctg} \gamma - \operatorname{ctg} \alpha) + v/2,$$

где v – ширина хода драглайна.

Решая неравенство относительно ω_1 , определим его минимальное значение:

$$\omega_1 = \arcsin\left(\frac{H \operatorname{ctg} \gamma + 0,5v}{R_q}\right). \quad (8)$$

Минимальное значение ширины заходки найдем в виде

$$A = H \operatorname{ctg} \gamma + v/2. \quad (9)$$

Зависимость ω_1 от угла устойчивого откоса уступа γ представлена на

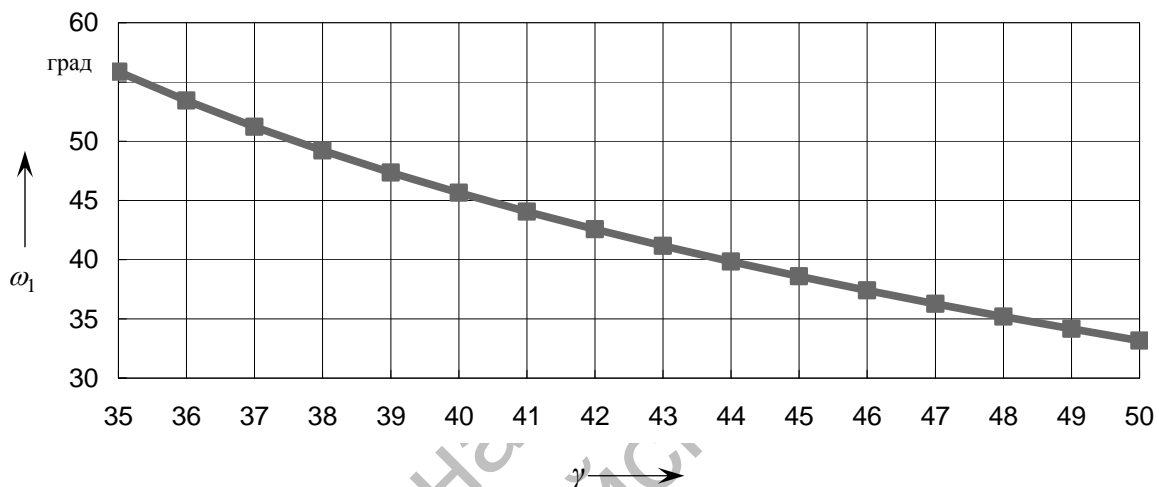


Рис. 3. График зависимости угла рабочего разворота экскаватора ω_1 от угла устойчивого откоса уступа γ

Для того чтобы предприятию начать разрабатывать новый карьер, вначале необходимо провести геологоразведочные работы, стоимость которых составляет более 40 млн р., на площади до 10 га при глубине бурения скважин 5...8 м. После геологоразведочных работ проектной организацией составляется «Отчет о детальной разведке или о детальной доразведке месторождения», время составления которого может длиться до 6 месяцев. Далее проводится экспертиза в Республиканской комиссии по запасам Минприроды РБ. Стоимость такой экспертизы – свыше 5 млн р., срок проведения – 2...3 месяца. После утверждения запасов составляется проект разработки и рекультивации, стои-

рис. 3.

Из рис. 3 видно, что при значении $\gamma < 41^\circ$ величина необходимого, по условиям безопасности, угла рабочего разворота драглайна выходит за пределы диапазона $30...45^\circ$ (в данном примере рассматривался экскаватор ЭО-5111 «драглайн» с длиной стрелы 12,5 м при высоте уступа, равной 5 м; ширина хода экскаватора $v = 3,1$ м).

мость которого даже для небольших по площади месторождений может достигать 30...40 млн р. Кроме этого предприятию необходимо получить лицензию на добычу полезных ископаемых, зарегистрировать горный отвод и получить акт о предоставлении земельного отвода. Все это занимает длительное время, не говоря о значительных расходах.

После всего вышесказанного становится непонятным, почему дорожные предприятия Могилевской области отказываются от отработки обводненных запасов. Даже если на предприятии нет экскаваторов типа «драглайн» или «обратной лопаты», их выгоднее взять в аренду, чем подготовить к эксплуатации новый карьер и платить за каждый от-

веденный гектар земли большие суммы денег. Необходимо учитывать и то обстоятельство, что Госпромнадзором РБ с 2007 г. запрещено вскрышные и добычные работы в карьерах вести погрузчиками. Экскаваторами «драглайн» или «обратная лопата» обводненную породу можно складировать во временные штабеля для обезвоживания, а из штабелей обезвоженную песчано-гравийную смесь погрузчиком можно грузить в автосамосвалы и вывозить на объекты для ремонта и строительства автомобильных дорог.

При всем этом не ухудшается экологическая обстановка в районе, не понижается уровень воды в колодцах ближайших деревень, поскольку разработка ведется без принудительного водоотлива. Затраты на рекультивацию отработанного карьера под водоем будут значительно меньше, чем под лесопосадку или сельхозугодия. Экономический эффект такой разработки месторождений налицо даже без предварительных расчетов. Таким образом, дефицит песчано-гравийного материала в Могилевской области можно решить. Окончательное решение за дорожными предприятиями.

S. N. Berezovsky
The decision of the problem of deficiency of sand and sand-gravel in Mogilev area by rational working out of open-cast mines

In the article rational approaches on extraction of the nonmetallic building materials providing energy- and resource-saving are considered. In particular, possibility of extraction of sand and sand-gravel by watered type with dragline and backdigger excavators at the enterprises of road field of Mogilev area is considered. Parameters of the working out system which will make it possible to conduct the working out with dragline excavators in a watered sandpit rationally and effectively have been calculated. Thickness of the watered rocks can reach 3 m.

Заключение

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что экономически целесообразней вести добычу песка и песчано-гравийной смеси экскаваторами типа «драглайн» и «обратная лопата» обводненным способом на существующем карьере, чем отводить новое месторождение, нарушая при этом большие площади плодородных земель и затрачивая большие суммы денег. Следует учитывать и тот факт, что запасы качественного песка и песчано-гравийной смеси в Могилевской области, необходимые для строительства и ремонта автомобильных дорог, не такие уж и большие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржевский, В. В. Открытые горные работы : в 2 ч. Ч. 1. Производственные процессы / В. В. Ржевский. – М. : Недра, 1985. – 435 с.
2. Ржевский, В. В. Открытые горные работы : в 2 ч. Ч. 2. Технология и комплексная механизация / В. В. Ржевский. – М. : Недра, 1985. – 393 с.
3. Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов. – Л. : Стройиздат, 1977. – 366 с.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 16.03.2010