

УДК 622.271

В.А. Казаков

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗЕМСНАРЯДА ОТ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ САПРОПЕЛЕЙ

Рассмотрен порядок расчета производительности землесосного снаряда в пределах рациональных значений плотности гидросмеси в зависимости от физико-механических свойств сапропелей.

Ключевые слова: сапропель, плотность гидросмеси, плотность сапропеля в залежи, объемная консистенция, производительность земснаряда, зольность, относительная влажность сапропеля.

Эффективность (производительность) землесосных снарядов, используемых при разработке обводненных сапропелевых месторождений, в значительной степени зависит от увеличения консистенции гидросмеси в пределах рациональных значений.

Производительность землесосного снаряда по грунту определяется согласно [1] по формуле

$$Q_{гр} = c \cdot Q_r \quad (1)$$

где c – объемная консистенция гидросмеси, доли ед; Q_r – производительность землесосного снаряда по гидросмеси, м³/ч.

Производительность землесосного снаряда по гидросмеси определяется по выражению, м³/ч

$$Q_r = \frac{Q_B}{\gamma_r}, \quad (2)$$

где Q_B – подача грунтового насоса, м³/ч (принимается по технической характеристике грунтового насоса); γ_r – плотность гидросмеси, т/м³.

Значение c можно определить из выражения, доли ед.

$$c = \frac{\gamma_r - \gamma_B}{\gamma_T - \gamma_r}, \quad (3)$$

где γ_B – плотность воды, т/м³, $\gamma_B = 1$ т/м³; γ_T – плотность твердой фазы (грунта), т/м³.

Плотность гидросмеси определяется из равенства [2], т/м³

$$\gamma_r = \frac{\gamma_{ск.зал.} + q \cdot \gamma_B}{\frac{\gamma_{ск.зал.}}{\gamma_T} + q \cdot \gamma_B}, \quad (4)$$

где $\gamma_{ск.зал.}$ – плотность скелета залежи (содержание сухого вещества в единице объема залежи), т/м³; q – удельный расход воды, необходимый для разработки 1 м³ сапропеля в залежи.

Плотность скелета залежи $\gamma_{ск.зал.}$ можно определить по формуле, т/м³

$$\gamma_{ск.зал.} = \frac{\gamma_T \cdot (1 - W_0)}{W_0 \cdot (\gamma_T - 1) + 1}, \quad (5)$$

где W_0 – относительная влажность сапропеля в залежи, доли ед.

Как правило, значения относительной влажности сапропеля в залежи W_0 , %, и зольности A^C , %, определяются в ходе геологоразведочных работ и должны содержаться в паспорте месторождения. Влажность сапропеля зависит от

плотности отложений и содержания органического вещества I , %.

По литературным данным [2, 3] плотность твердой фазы сапропелей γ_T изменяется от $1,4 \div 1,45$ до $2,45 \div 2,7$ т/м³. Ее можно определить по установленной эмпирической зависимости Филина В.А. [4], зная содержание органического вещества сапропеля I , %,

$$\gamma_T = 2,58 - 0,013 \cdot I. \quad (6)$$

Естественная влажность сапропелей, которая зависит в основном от уплотненности породы и содержания органического вещества, находится в очень широком диапазоне от 100 до 3000 %. На основании анализа литературных источников [5, 6] построена зависимость (рис. 1) между уровнем естественной влажности $W_{ест}$ % и содержанием органического вещества I (%) (корреляционное отношение равно 0,76).

Консистенция водосапропелевой смеси должна быть достаточно густой, но с другой стороны, гидросмесь должна обладать хорошей текучестью, чтобы обеспечить ее гидротранспорт и намыв в чеки-отстойники [7]. Насыщение гидросмеси твердым материалом в той или иной степени достигается за счет смешивания с дополнительной водой. Учитывая указания [8], соотношение сапропеля естественной влажности к свободной воде при разработке обводненных сапропелевых месторождений землесосными снарядами, оборудованных грунтовыми насосами, находится в пределах 1:4 – 1:25 в зависимости от органической составляющей сапропеля.

Согласно данным [8], гидротранспорт водосапропелевой смеси целесообразен в рациональной зоне предельных напряжений сдвига сапропелевой гидросмеси – $p_o \leq 22,5$ Па, исходя из энергоемкости транспортиро-

вания. Учитывая это условие, исследованиями [9] для определения предельного значения объемной концентрации K сапропелевой гидросмеси в естественном сложении в зависимости от относительной влажности W_o и зольности A^c сапропеля в залежи установлено неравенство:

$$K \leq \frac{W_o}{0,026(100 - W_o)(100 - A^c)} \times \ln \frac{22,5 \cdot 10^5}{(100 - A^c)^{1,5}}. \quad (7)$$

где W_o – относительная влажность сапропеля в залежи, %; A^c – зольность сапропеля, %.

Значение K также можно определить по формуле, %

$$K = K^I \cdot \frac{\gamma_T}{\gamma_{зал}} \cdot 100 \quad (8)$$

где K^I – объемная концентрация сапропелевой гидросмеси в плотном теле, %; γ_T – плотность твердой фазы.

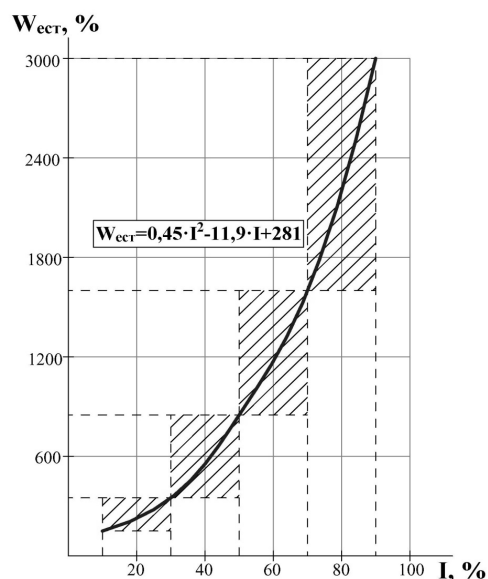


Рис. 1. Изменение зависимости естественной влажности сапропелей $W_{ест}$ % от содержания органического вещества I %

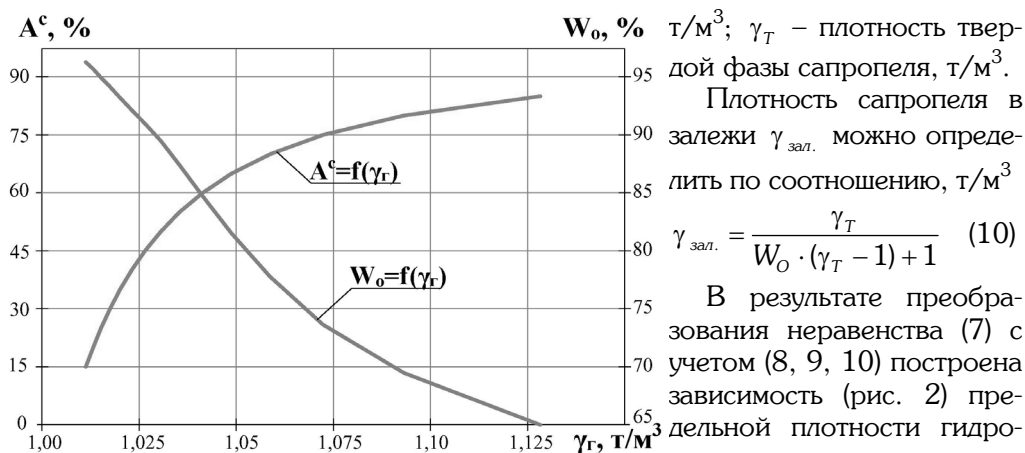


Рис. 2. Изменение зависимости предельной плотности гидросмеси γ_g т/м^3 от зольности A^c % и относительной влажности W_o %

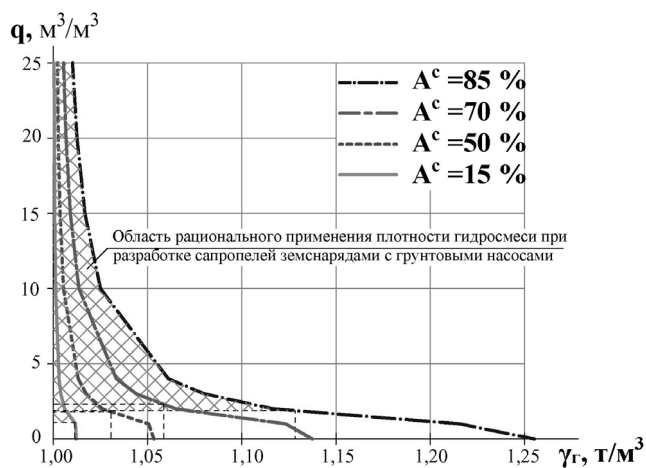


Рис. 3. Изменение плотности гидросмеси γ_g т/м^3 от расхода воды q $\text{м}^3/\text{м}^3$ при различной зольности сапропеля A^c %

сапропеля, т/м^3 ; $\gamma_{\text{зал}}$ – плотность сапропеля в залежи, т/м^3 .

Значение объемной концентрации сапропелевой гидросмеси в плотном теле K^I определяется по формуле, %

$$K^I = \frac{\gamma_g - \gamma_B}{\gamma_T - \gamma_B} \cdot 100 \quad (9)$$

где γ_g – плотность гидросмеси, т/м^3 ; γ_B – плотность воды, т/м^3 , $\gamma_B = 1$

т/м^3 ; γ_T – плотность твердой фазы сапропеля, т/м^3 .

Плотность сапропеля в залежи $\gamma_{\text{зал}}$ можно определить по соотношению, т/м^3

$$\gamma_{\text{зал}} = \frac{\gamma_T}{W_o \cdot (\gamma_T - 1) + 1} \quad (10)$$

В результате преобразования неравенства (7) с учетом (8, 9, 10) построена зависимость (рис. 2) предельной плотности гидросмеси от зольности A^c и относительной влажности сапропеля W_o из условия эффективности и целесообразности энергозатрат на гидротранспорт сапропелевой гидросмеси.

Определив значения предельной плотности гидросмеси для различных типов сапропелей, можно найти минимальный расход воды q $\text{м}^3/\text{м}^3$ для разработки 1 м^3 полезного ископаемого (рис. 3). По рис. 3 можно определить, что при предельной плотности гидросмеси для сапропеля зольности 85 % минимальный расход воды на разработку 1 м^3 сапропеля естественной влажности составляет $\sim 2 \text{ м}^3/\text{м}^3$, а для зольности 15 % – достаточно и $1 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

График, иллюстрирующий характер изменения производительности земснаряда по гидросмеси Q_g $\text{м}^3/\text{ч}$ от производительности по грунту Q_T $\text{м}^3/\text{ч}$ при различных расходах воды q $\text{м}^3/\text{м}^3$ для конкретных физико-механических свойств сапропеля, приведен на рис. 4.

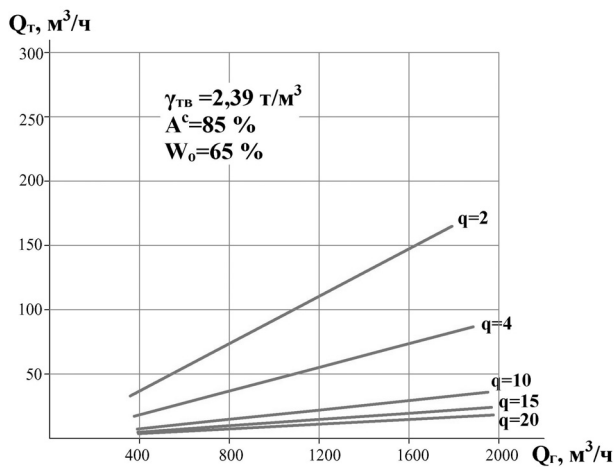


Рис. 4. Изменение производительности земснаряда по гидросмеси $Q_Г$ ($м^3/ч$) от производительности по грунту $Q_Г$ ($м^3/ч$) при различных расходах воды q ($м^3/м^3$)

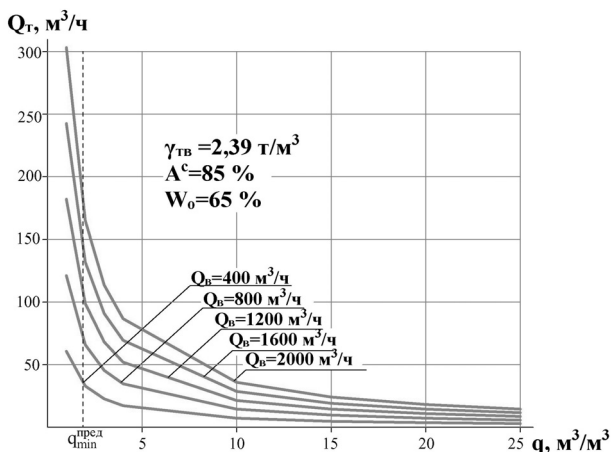


Рис. 5. Изменение производительности земснаряда по грунту $Q_Г$ ($м^3/ч$) в зависимости от расхода воды q ($м^3/м^3$) при различной подаче по воде $Q_в$ ($м^3/ч$)

На рис. 5 показано, как изменяется производительность земснаряда по грунту от расхода воды для разработки сапропеля при различных значениях подачи по воде $Q_в$ $м^3/ч$ в зависимости от физико-механических свойств разрабатываемого сапропеля.

На рис. 6 приведена зависимость производительности земснаряда по

грунту $Q_Г$ $м^3/ч$ с грунтовым насосом ГрАУ 800/40 от плотности гидросмеси $\gamma_Г$ $т/м^3$ для различных физико-механических свойств сапропелей. Пунктирной линией на графике обозначены предельные плотности гидросмеси для различных по свойствам сапропелей. Так, например, для сапропеля с твердой фазой $\gamma_{ГВ} = 2,19$ $т/м^3$, что соответствует зольности 70 %, предельная плотность гидросмеси составляет 1,06 $т/м^3$, при этом максимальная производительность по грунту равна 39 $м^3/ч$.

Изменение производительности земснаряда по грунту $Q_Г$ $м^3/ч$ в зависимости от объемной консистенции гидросмеси с % при различной подаче по воде $Q_в$ $м^3/ч$ для конкретных физико-механических свойств сапропеля показано на рис. 7. Анализируя данный график, следует отметить, что увеличение объемной консистенции на 1 % приводит к повышению производительности земснаряда на 20-25 %. Консистенция гидросмеси зависит не только от физико-механических свойств сапропелей, а также от эффективности грунтозаборного устройства, т.е. конструкции грунтозаборного устройства землесосного снаряда.

Таким образом, обосновано изменение производительности земснаряда, оборудованного грунтовым насосом, в зависимости от свойств сапропеля (A^c , W_0 , $\gamma_Г$, $\gamma_{зал.}$) в залежи с

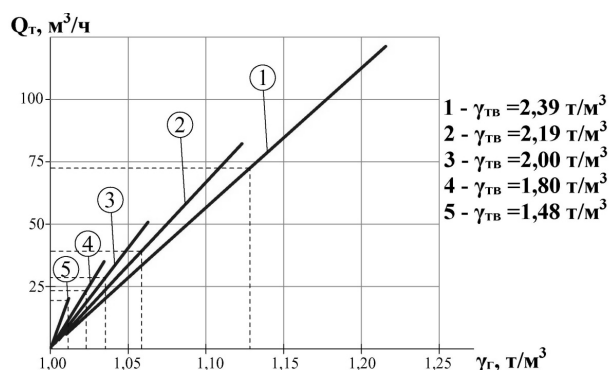


Рис. 6. Изменение производительности земснаряда по грунту Q_T м³/ч в зависимости от плотности гидросмеси γ_T т/м³ при различных физико-механических свойствах сапропеля

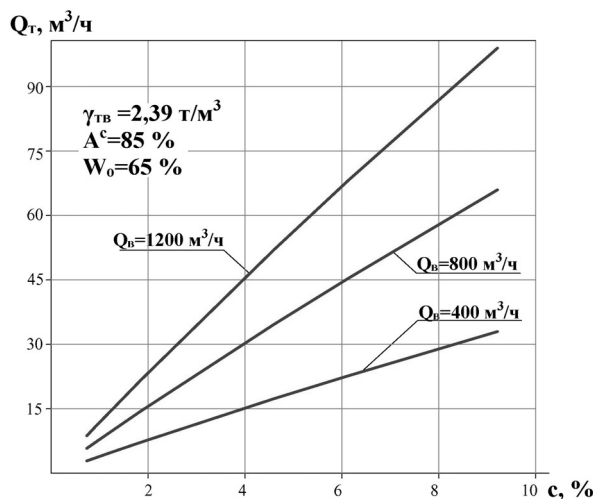


Рис. 7. Изменение производительности земснаряда по грунту Q_T м³/ч в зависимости от объемной консистенции гидросмеси c % при различной подаче по воде $Q_в$ м³/ч

учетом предельной плотности гидросмеси из условия целесообразности гидротранспорта сапропелевой гидросмеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по разработке залежей сапропелей землесосными снарядами. – М.: ВНИИГиМ, 1978.
2. Смирнов А.В. Озерные сапропели. – М.: Колос, 1965 – 160 с.
3. Штин С.М. Озерные сапропели и их комплексное освоение. – М.: Изд-во МГУ, 2005 – 374 с.
4. Филин В.А. Экспресс-метод определения плотности сапропеля// Торфяная промышленность. – М.: 1988, № 2.
5. Рубинштейн А.Я. Инженерно-геологические особенности сапропелевых отложений. – М.: Наука, 1971.
6. Амарян Л.С. Свойства слабых грунтов и методы их изучения. – М.: Недра, 1990 – 200 с.
7. Лопотко М.З., Лецко А.П., Дубинин С.К. Рекомендации по технологии промышленной добычи сапропелей из открытых водоемов. – Мн: Наука и техника, 1981.

8. Методические указания по расчету гидравлического транспорта сапропелей. – М.: ВНИИГиМ, 1981. – 53 с.

9. Арефьев Н.Н. Исследование трубопроводного транспорта пульпы при разработке сапропеля земснарядами с центробежными насосами. //Гидротехническое строительство. – М.: 2013. **№143**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Казаков Владимир Александрович – преподаватель кафедры ТО, kvladimir_85@mail.ru, Московский государственный горный университет.

