

УДК.621.822.2

Л.Е. Маметьев, Ю.В. Дрозденко, Е.Н.Найданов

СТЕНДЫ ДЛЯ НАТУРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕЖИМОВ РАБОТЫ БУРОШНЕКОВЫХ МАШИН С БАРАБАННЫМИ РАСШИРИТЕЛЯМИ

Целью проведения лабораторных исследований являлось определение рациональных кинематических и режимных параметров работы барабанных расширителей для обеспечения эффективной погрузки увлажненных продуктов разрушения в шнековый буровой став.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определение влияния влажности продуктов разрушения, диаметра и частоты вращения расширителя на крутящий момент и погрузочную способность;

- установление влияния влажности продуктов разрушения на величину минимального коэффициента заполнения расширителя и призабойной камеры для начала погрузки при различных частотах вращения;

- оценка влияния увлажнения продуктов разрушения различных типов на показатели работы расширителей.

Основным типом продуктов разрушения, использованных при проведении лабора-

торных исследований, была глина. Это связано с тем, что в определенном диапазоне влажности глина обладает наиболее ярко выраженными свойствами налипания к рабочим поверхностям расширителя, приводящими к прихвату инструмента и аварийной ситуации.

В ходе исследований использовались также измельченный уголь и песок. Основные характеристики продуктов

Установлено, что влажность продуктов разрушения, частота вращения, коэффициент заполнения, длина загруженной части, диаметр и шаг спирали шнекового бурового става оказывают основное влияние на процесс транспортирования [1].

Так как естественная влажность буримых массивов в основном соответствует интервалу $W=10-44\%$, поэтому при эксперименте влажность

Таблица 1

Характеристики продуктов разрушения, использованных при проведении исследований

| Наименование характеристик | Вид продуктов разрушения | | |
|---|--------------------------|-------|-------|
| | глина | песок | уголь |
| Объемный вес, кН/м^3 | 17,7 | 16,6 | 11,7 |
| Естественная влажность, % | 10 | 7 | 10,4 |
| Гранулометрический состав, % при размере частиц, мм | | | |
| 25 | 5,12 | - | 9,94 |
| 10 | 30,1 | - | 30,7 |
| 2 | 32,5 | 23,8 | 29,29 |
| менее 2 | 32,28 | 76,2 | 30,07 |
| Угол естественного откоса, град. | 23 | 29 | 35 |

разрушения приведены в табл. 1, что позволило исследовать двухэтапную технологию бурения в одинаковых условиях.

продуктов разрушения изменялась в пределах $W=10-50\%$.

Необходимая влажность продуктов разрушения дости-

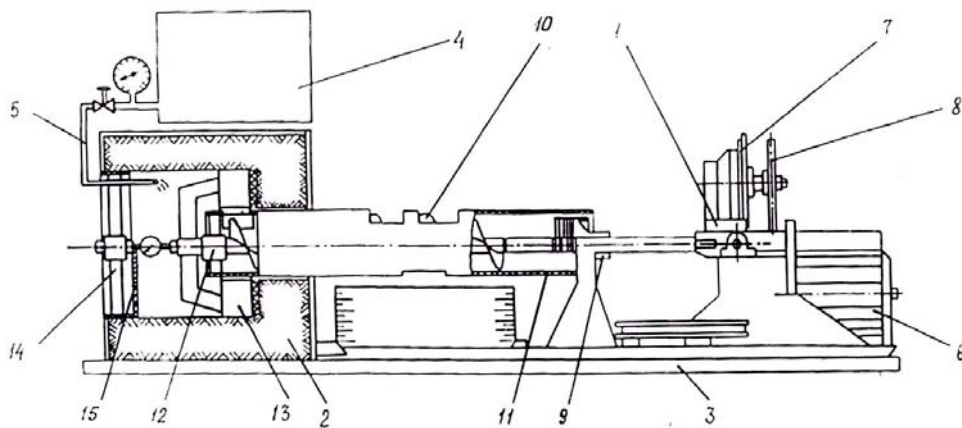


Рис. 1. Схема стенда для натурных испытаний

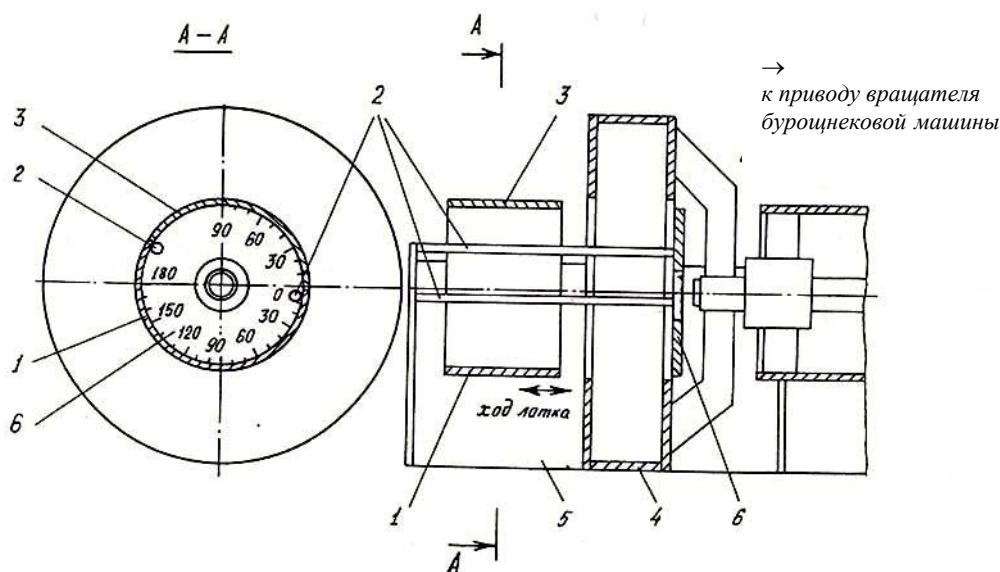


Рис. 2. Стенд для имитации призабойной камеры расширителя обратного хода

галась путем добавления соответствующего количества жидкости, при этом контроль влажности полученной смеси производился путем отбора и высушивания проб.

Исходя из условий проведения опытов, коэффициент заполнения расширителя и призабойной камеры изменялся преимущественно в пределах $\psi=0-0,4$ с шагом $\Delta\psi=0,1$. В отдельных случаях, в основном для исследования погрузки смесей, находящихся в текущем состоянии, коэффициент заполнения достигал значения $\psi=0,5$.

С учетом опыта предыдущих исследований диапазон изменения частоты вращения расширителя принимался в пределах $n=21-53 \text{ мин}^{-1}$.

Для проведения лабораторных исследований на кафедре горных машин и комплексов КузГТУ был разработан и изготовлен специальный стенд (рис.1).

Он состоит из буровнековой машины 1, выполненной на основе бурового станка БГА-2, и грунтового блока 2, установленных на общей раме 3, а также бака 4 с трубопроводом 5. Привод буровнековой машины включает элек-

тродвигатель 6 мощностью $N=30 \text{ кВт}$ с частотой вращения $n=980 \text{ мин}^{-1}$ и редуктор 7, быстросходный вал которого приводится во вращение от электродвигателя посредством цепной передачи 8. К буровому замку 9 станка присоединена секция шнекового бурового става 10 с диаметром шнека 0,48 м, размещенного в трубе 11. На забойном конце трубы смонтирован опорный подшипниковый узел 12, на валу которого установлен расширитель обратного хода 13 с прицепным устройством 14 и ограждающей стенкой 15. Осевое перемещение инструмента осуществляется посредством гидросистемы бурового станка, а усилие подачи регулируется настройкой предохранительного клапана в пределах от 0 до 50 кН.

Частота вращения инструмента регулировалась ступенчато путем подбора сменных звездочек цепной передачи с необходимым передаточным отношением и принимала следующие значения $n=21; 31; 41; 53 \text{ мин}^{-1}$.

Для исследования процесса взаимодействия расширителя с увлажненными продуктами разрушения лабораторный

стенд был оборудован камерой (рис.2), имитирующей расширенную скважину.

Для имитации приемного лотка использовался выдвижной кожух 1, закрепленный и перемещающийся по направляющим 2, диаметром 0,54 м с окном в верхней части. Окно оборудовано цилиндрической крышкой 3. Заполнение расширителя 4 и камеры 5 производилось по центральному углу сегмента с помощью угломерного диска 6.

Измерение производительности Q осуществлялось путем временного (Δt) открывания окна выдвижного кожуха в установившемся режиме, взвешивания порции продуктов разрушения, разгрузившейся в лоток Q_b и подсчета по формуле:

$$Q = Q_b / \Delta t, \text{ кг/с} \quad (1)$$

Конструкция стенда позволяет обеспечить точное задание и измерение параметров, а также визуально наблюдать процессы взаимодействия расширителя с увлажненными продуктами разрушения.

При проведении лабораторных исследований использовались расширители барабанного типа. Для изучения влияния диаметра инструмента

на показатели процесса взаимодействия с увлажненными продуктами разрушения были применены расширители с одинаковыми параметрами внутреннего радиуса $R_0 = 0,265$ м и ширины $l_b = 0,25$ м, различных диаметров $\varnothing 0,82$; 1,02; 1,22 м.

В ходе экспериментальных исследований также измерялись и фиксировались следующие параметры: крутящий момент, осевая реакция, усилие перемещения прицепного приспособления, частота вращения и угол отклонения продуктов разрушения в расширителе.

Измерение крутящего момента и осевого усилия на валу расширителя осуществлялось тензометрическим способом с помощью датчика забойных параметров. Частота вращения измерялась с помощью тахогенератора постоянного тока, размещенного на подшипниковой опоре 12 (см. рис. 1). В цепь тахогенератора включен контактный прерыватель, закрепленный на траверсе бурового станка. Для пода-

чи питания и снятия сигнала с тензодатчиков, размещенных на вращающемся валу, применено токосъемное устройство щеточного типа.

Угол отклонения продуктов разрушения, находящихся в барабане Q_b и в камере Q_n , определялись визуально с помощью угломерного диска с ценой деления 5° .

Для измерения момента M_n производилось заполнение продуктами разрушения камеры, при этом лоток с закрытым окном был задвинут в незагруженный расширитель и препятствовал попаданию материала внутрь барабана.

Для измерения момента M_n производилась загрузка барабана, а камера очищалась.

Результирующий крутящий момент измеряли при загруженных одновременно барабане и камере.

Измерение момента холостого хода производилось при очищенных от продуктов разрушения барабана и камеры.

Коэффициент заполнения начала погрузки ψ_{np} характеризует минимальную загрузку

расширителя, при которой хотя бы отдельные частицы материала, находящиеся в барабане, попадают в окно приемного лотка. Он определялся следующим образом.

Расширитель загружался продуктами разрушения определенной влажности и при задвинутом в барабан лотке с закрытым окном включалось вращение. При достижении установившегося режима движения материала крышка лотка выдвигалась, открывая его окно, и после окончания процесса погрузки вращение выключалось. Объем оставшейся загрузки соответствовал измеряемому коэффициенту заполнения ψ_{np} .

На рис. 3 приведены экспериментальные и теоретические зависимости крутящего момента M_b от влажности и коэффициента заполнения.

Сравнительный анализ зависимостей показывает, что в интервале изменения влажности $W=10-25\%$ экспериментальные значения несколько выше (в 1,1-1,2 раза) расчетных. Это объясняется наличи-

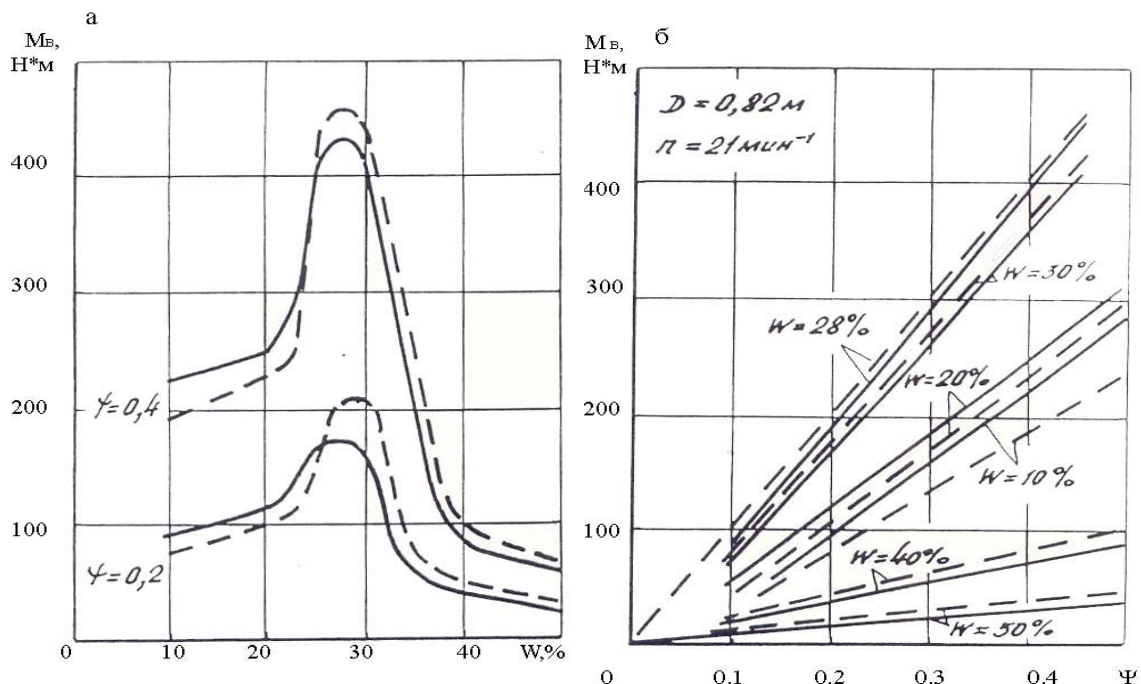


Рис.3. Зависимости составляющих компонентов крутящего момента от влажности (а) и коэффициента заполнения камеры (б) расширителя продуктами разрушения (--- экспериментальные значения, ——— расчётные значения)

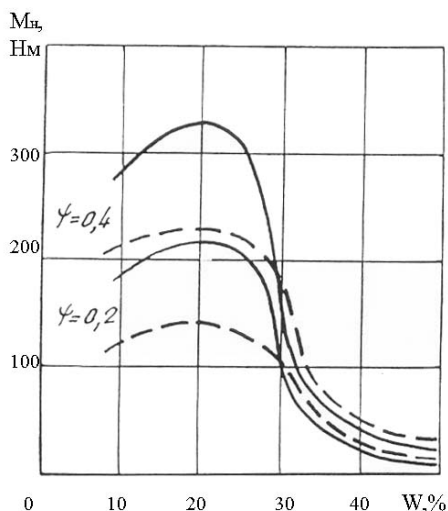


Рис. 4. Зависимости крутящего момента от влажности (--- экспериментальные значения, — расчетные значения)

ем у материала в данном диапазоне влажности плотных неразрушенных комков, которые при взаимодействии с расширителем вызывают дополнительные затраты энергии на их измельчение и истирание, особенно при заклинивании в подвижных сопряжениях рабочих поверхностей между стенками барабана и лотком, между внутренней полостью барабана и скребком.

При влажности продуктов разрушения, превышающей 25%, экспериментально полученные значения момента M_n незначительно ниже (также в 1,1-1,2 раза) расчетных. Это можно объяснить тремя причинами.

Во-первых, при влажности $W=25-27\%$ глина переходит в пластичное состояние и, следовательно, может пластически деформироваться и несколько уплотняться. При этом поверхность контакта материала с элементами расширителя и трение поверхности уменьшаются.

Во-вторых, в диапазоне влажности $W=25-33\%$ глина проявляет наибольшие свойства липкости. Поэтому часто продукты разрушения налипают на расширитель и продолжают с ним вращение, соз-

давая при этом дополнительную маховую массу, но не вызывая затрат на трение, учитываемое при расчете. Следует отметить, что нагрузка от маховой массы может быть как меньше, так и больше нагрузки от трения.

Третья причина — это неоднородность используемой при проведении эксперимента водоглиняной смеси, которая приводит к тому, что влажность слоев материала, непосредственно контактирующих с элементами расширителя, отличается от влажности всего объема материала.

Очевидно, влажность на поверхностях взаимодействия выше, благодаря наличию у глины, начиная с влажности $W=29-30\%$, свободной воды. При этом экспериментальные значения крутящего момента соответствуют теоретическим, рассчитанным для материала большей влажности. В целом сравнение теоретических и экспериментальных зависимостей говорит об их достаточно хорошей сходимости.

Сравнительный анализ зависимостей крутящего момента M_n от влажности, полученных расчетным и опытным путем (рис. 4), показывает, что в интервале изменения влажности $W=10-27\%$ экспериментальные значения на 30-40% больше теоретических. Это связано с тем, что процессы заклинивания, измельчения и истирания плотных комков сыпучей среды, происходящие в сравнительно небольшом кольцевом зазоре между барабаном и стенкой скважины вызывают значительно большие затраты энергии, нежели при движении материала внутри расширителя. Процесс взаимодействия цилиндрической поверхности барабана с глиной влажности $W=20-27\%$

сопровождается образованием окатышей и разрушением стенки скважины, при этом часть энергии вращающегося расширителя расходуется на трение качения окатышей и на отрыв прилипающих к ним частиц приповерхностных слоев стенки скважины.

В диапазоне изменения влажности $W=30-50\%$ наблюдается практическое совпадение расчетных и опытных данных, из чего можно сделать вывод, что реологические характеристики текучих и близких к ним суспензий, полученные при вискозиметрических исследованиях, позволяют достаточно точно описывать процесс взаимодействия расширителей со средой данной влажности.

Поскольку максимальное значение момента M_n , полученное экспериментально, существенно превышает расчетное, а минимальные их значения примерно равны, фактическая кратность снижения момента при увлажнении продуктов разрушения до $W=40-45\%$ значительно больше расчетной и составляет 10-14 раз.

Зависимости результирующего момента M от влажности и коэффициента заполнения приведены на рис. 5. В интервале изменения влажности $W=10-25\%$ экспериментальные значения выше расчетных на 12-28%. Несовпадение максимумов обеих зависимостей (при $W=25\%$ для экспериментальной и при $W=27\%$ для расчетной) обусловлено количественными соотношениями в этом диапазоне влажности составляющих M_n и M_n , имеющих неодинаковую сходимость теоретических и опытных данных. В интервале $W=28-50\%$ расчетные значения момента на 5-7% выше экспериментальных. С целью изучения особенностей процессов взаимодействия расширителя с продуктами разрушения различных типов произведены замеры крутящего момента, а

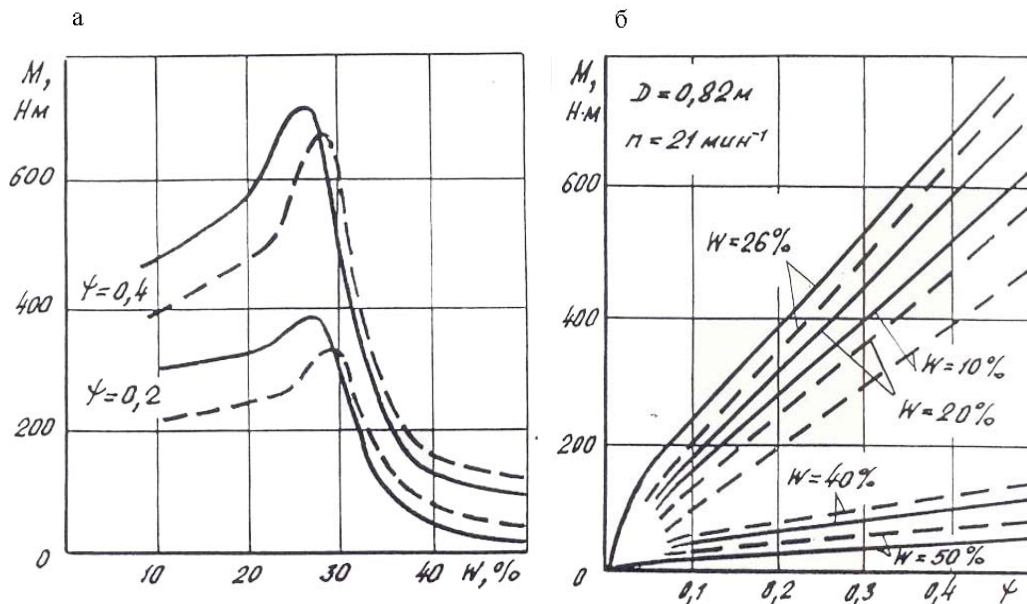


Рис.5. Зависимости суммарного момента M от влажности продуктов разрушения (а), от коэффициента заполнения призабойной камеры (б) (--- экспериментальные значения, — расчётные значения)

также показателей погрузки для глины, песка и угля.

Сравнительный анализ зависимостей крутящего момента M_B от влажности (рис. 6 а) показывает, что для всех типов исследуемых материалов существует неблагоприятный, с точки зрения увеличения момента, диапазон влажности: для глины $W=23-33\%$, песка $W=15-22\%$ и угля $W=15-26\%$.

Наиболее интенсивный

рост момента наблюдается у глины.

Как отмечалось выше, пиковый характер погрузки обусловлен взаимодействием породосъемного скребка с материалом, налипающим во внутренней полости барабана.

У песка интенсивность увеличения момента значительно ниже, что вызвано меньшим ростом угла отклонения (45° до 65°) и практиче-

ским отсутствием залипания внутренней полости барабана.

Наиболее пологий рост момента наблюдается для угля. Угол отклонения угля в барабане из рассмотренных материалов менее всего зависит от влажности и изменяется при $W=7-26\%$ в пределах $Q_B=40-50^\circ$. В данном интервале влажности зависимость момента M_B для глины расположена выше, чем для угля, но

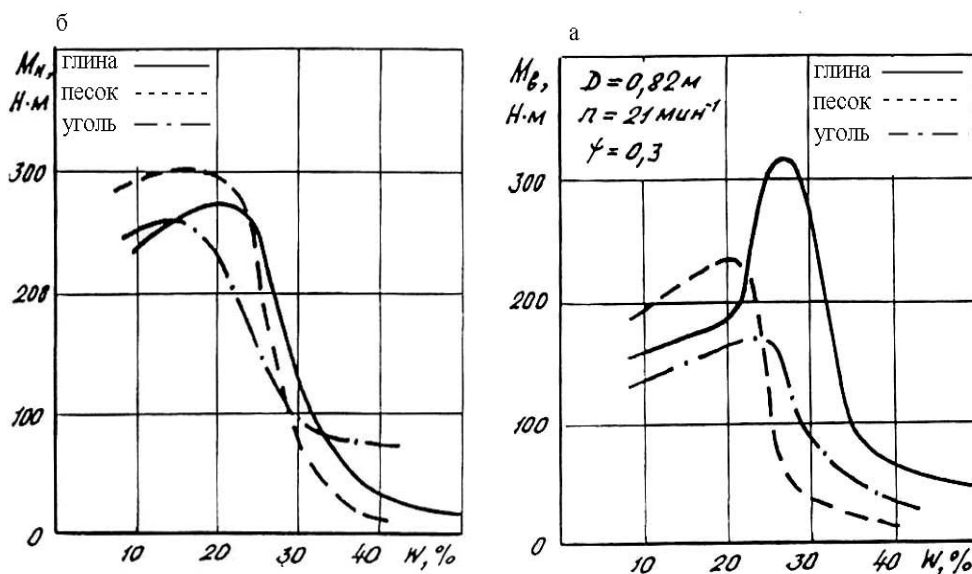


Рис.6. Зависимости составляющих компонент M_B и M_H суммарного крутящего момента от влажности продуктов разрушения

Таблица 2

Кратность максимальных моментов для различных продуктов разрушения

| Наименование продуктов разрушения | Диапазоны влажности текучего состояния, % | $\frac{M_{Bmax}}{M_{Bувл}}$ | $\frac{M_{Hmax}}{M_{Hувл}}$ | $\frac{M_{max}}{M_{увл}}$ |
|-----------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Глина | 40-45 | 5,2-7,4 | 10,8-14,3 | 7,3-9,3 |
| Уголь | 33-38 | 2,5-3,9 | 3,4-3,7 | 2,9-3,8 |
| Песок | 28-33 | 4,6-6,3 | 2,5-7,7 | 2,5-6,8 |

ниже, чем для песка. Это обусловлено соотношением значений объемного веса для данных материалов и, следовательно, различной весовой загрузкой при одном и том же заполнении. Максимальные значения моментов M_B для угля, песка и глины находятся в следующей пропорции: 1:1, 4:1,8.

В интервалах изменения влажности: для глины $W=40-45\%$, угля $W=33-38\%$ и песка $W=28-33\%$ - материал переходит в текучее состояние, угол отклонения для всех продуктов разрушения снижается и не превышает $Q_B=10-15^0$. При этом уменьшается трение материала и момент. Кратность снижения момента M_B (т.е. отношение максимального к значениям, соответствующим текучему состоянию продуктов разрушения), а также моментов M_H (рис.6 б) и M_B приведена в табл. 2.

Из табл. 2, что самая высокая кратность всех трех моментов M_B , M_H и M у глины, ниже у песка и еще ниже у угля.

Это обусловлено более высоким трением песка по сравнению с глиной, а также наличием у угля крупной фракции, резко увеличивающей затраты энергии при заклинивании в зазорах между расширителем и стенкой скважины, а также между расширителем и лотком.

Анализ графиков, приведенных на рис .5,в,г, показывает, что для всех типов продуктов разрушения зависимости момента M_H от влажности имеют один и тот же характер.

Соотношение максимальных значений этого момента для угля, глины и песка составляет 1:1,05:1,25, а минимальных 1: 0,25: 0,6.

По сравнению с моментом M_B для сильноувлажненных

глины и песка кратность максимального момента M_H выше, а для угля она остается примерно на том же уровне. Наличие у угля крупных частиц не позволяет добиться более существенного снижения момента при любом увлажнении.

Зависимость крутящего момента M от влажности для угля и песка, не имеют ярко выраженного максимум, какой наблюдается для глины. Максимальный момент для глины незначительно превышает такой же момент для песка. Пропорция максимальных моментов по отношению к углю выглядит так: 1:1,35: 1,45. Графическая зависимость момента для угля на отрезке начального увлажнения находится ниже двух остальных, а затем, с увеличением влажности, пересекает и становится выше зависимостей как для песка, так и для глины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маметьев Л. Е., Ананьев А. Н., Карпенко С. М. Обоснование способа расширения горизонтальных скважин буровыми машинами. Вестник КузГТУ, 1998. № 6 с.(60-61)
2. Маметьев Л.Е., Ананьев А. Н., Карпенко С. Н. Стенд для имитации призабойной камеры расширителя обратного хода. Информационный листок ЦНТИ. - Кемерово, 1998. № 196 – 98

□ Авторы статьи:

Маметьев
Леонид Евгеньевич
– докт. техн. наук, проф. каф. горных
машин и комплексов

Дрозденко
Юрий Владимович
– инженер каф. горных машин и
комплексов

Найданов
Евгений Николаевич
– аспирант каф. горных машин и
комплексов