

УДК 622.233.5

В.В. Тимонин, Ю.П. Харламов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПНЕВМОУДАРНИКА С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ШЛАМОТРАНСПОРТОМ В СРЕДЕ SOLID WORKS FLOW SIMULATION

Бурение скважин с применением погружных пневмоударников с обратной циркуляцией очистного агента в ряде зарубежных стран (Германия, Великобритания, США) производится уже более двух десятилетий. Этот способ бурения многими специалистами, как зарубежными, так и российскими, признан наиболее перспективным [1]. Главное его преимущество заключается в возможности полного сбора бурового шлама на забое с целью получения наиболее достоверной геологической информации. Это достигается путем концентрации шлама в центральном шламопроводе пневмоударника и выноса его на поверхность через внутреннюю трубу двойной буровой колонны [2]. При создании пневмоударников с обратной циркуляцией очистного агента одной из основных задач является повышение эффективности выноса выбуренной породы через центральную шламотранспортную магистраль, которая обеспечивается их циркуляционной системой [3]. Для экспериментального исследования циркуляционной системы в лаборатории бурения ИГД СО РАН (г. Новосибирск) создан стенд-имитатор пневмоударника с обратной циркуляцией очистного агента (рис.1), конструкция которого защищена патентом [4]. С использованием этого стенда как физической модели пневмоударника с обратной циркуляцией проведена серия экспериментов [3]. Эти эксперименты на физической модели позволили определить наиболее значимые геометрические параметры циркуляционной системы, однако выявили необходимость получения большей точности результатов. Вместе с тем для обеспечения возможности повторения многофакторных расчетов при изменениях входных данных и перехода от значений расхода энер-

гоносителя и его скорости на выходе из системы, полученных на физической модели кольцевого пневмоударника к значениям, получаемым при его работе в реальных условиях, целесообразно производить вычисления с помощью ЭВМ. Для решения этих проблем авторами предлагаемого доклада разработана математическая модель стенда-имитатора.

Разработанная компьютерная модель учитывает такие параметры энергоносителя, как: давление [Pa], плотность [кг/м³], скорость [м/с], температура [°C], а также его массовый [кг/с] и объемный [м³/с] расходы.

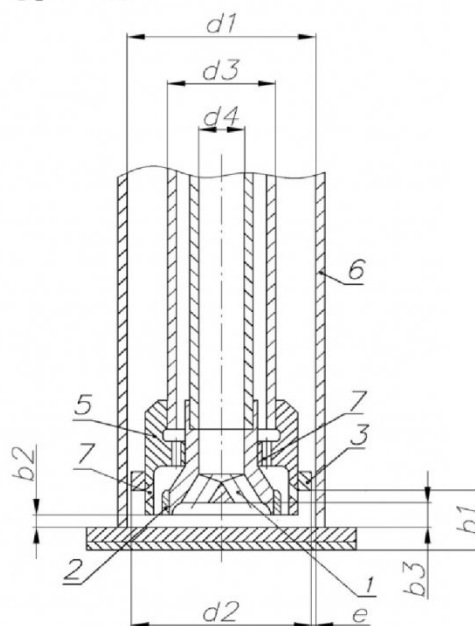


Рис. 1. Геометрические параметры имитатора бурового снаряда

1 -шлamosборное отверстие; 2 – втулка; 3 – призабойный пакер; 4 эжекционное отверстие; 5 – буровой инструмент; 6 – имитатор скважины; 7 – экранное отверстие.

Для моделирования процессов, происходящих в призабойном пространстве использовалось программное обеспечение Solid Works Flow Simulation [5]. При построении компьютерной модели имитатора бурового снаряда с центральным шла-

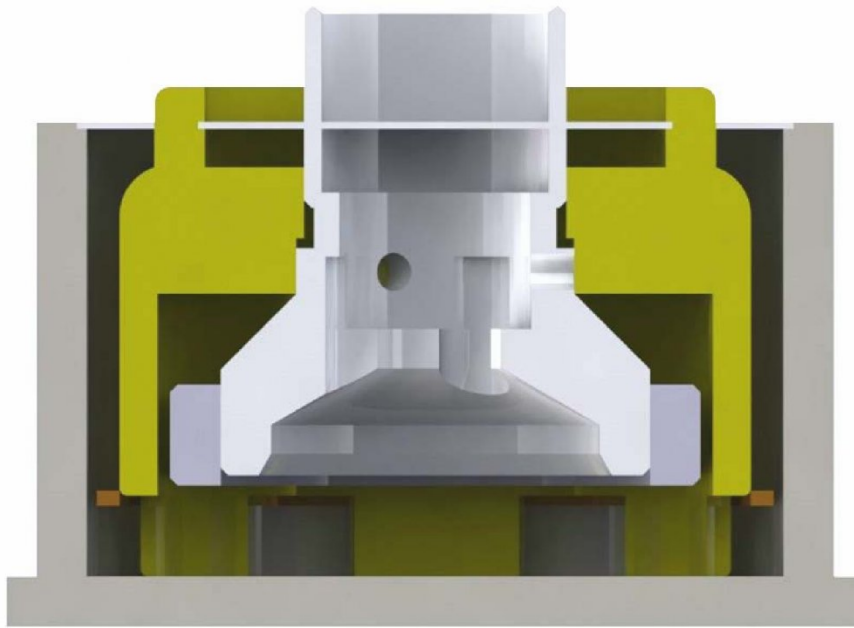


Рис.2. Компьютерная модель забойной части имитатора пневмоударника с обратной циркуляцией очистного агента.

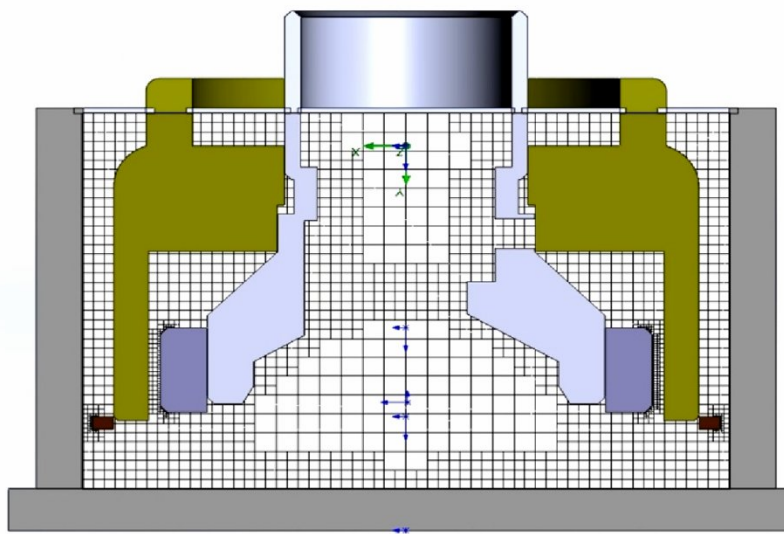


Рис.3. Разбивка на ячейки модели призабойного пространства стенда-имитатора.

мотранспортом [4] использованы его элементы, представленные на рис. 1.

Конструкция имитатора бурового снаряда с обратной циркуляцией позволяет изменять следующие параметры :

1. расстояние от призабойного пакера до дна забоя b_1 ,
2. расстояние от места выхлопа до дна забоя b_2 ,
3. расстояние от дна забоя до шламоборных отверстий b_3 ,

4. зазор между пакером и стенкой скважины e путем изменения диаметра d_2 .

Изменяя диаметр втулки 2 можно осуществлять изменение площади выхлопного тракта. Имеется также возможность изменять в ходе экспериментов диаметр, количество и место расположения шламоборных отверстий. Эти же параметры мы варьируем на математической модели.

Первым шагом в построении компью-

терной модели является объемное прорисовывание всех его элементов и составление сборки забойной части имитатора. Программное обеспечение позволяет в точности воспроизвести геометрические параметры элементов, расположить их друг относительно друга так же, как на физической модели, а также перемещать их соответственно условиям эксперимента. Таким образом, компьютерная модель в точности воспроизводит конфигурацию физической модели (рис. 2).

Моделирование процессов, происходящих при продувке забойной части имитатора, производится в призабойном пространстве, ограниченном снизу дном забоя, вертикально стенками скважины и сверху заданной плоскостью, ниже которой забой размещается. Для расчета необходимо произвести разбивку продуваемого объема на ячейки. Разбивка на ячейки производится так, чтобы обеспечить необходимую точность результатов. При этом там, где параметры эргоноси-

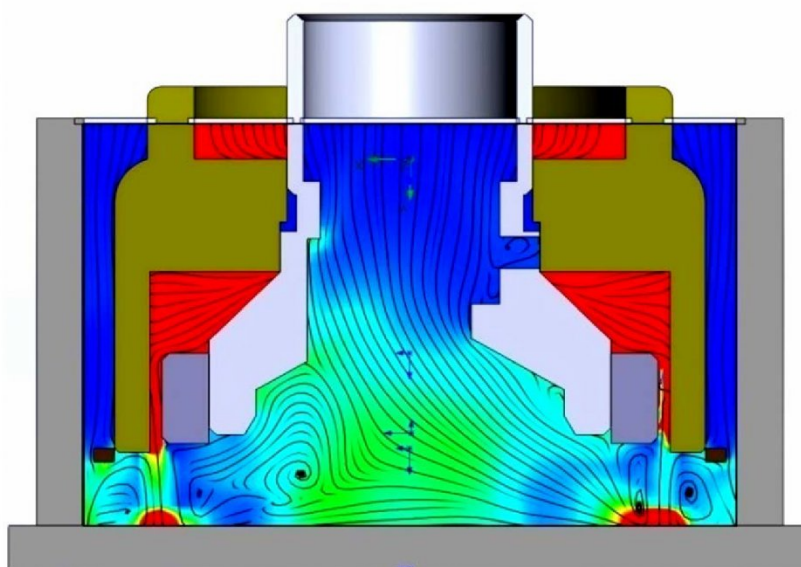


Рис.4. Фрагмент продувки компьютерной модели стенда-имитатора.

Табл.1. Исходные данные для расчета влияния расположения шламособорных отверстий при помощи математической модели стенда-имитатора.

Эксперимент №1	Эксперимент №2	Эксперимент №3
Диаметр пакера $d_2=136$ мм	Диаметр пакера $d_2=136$ мм	Диаметр пакера $d_2=136$ мм
Диаметр скважины $d_1=138$ мм	Диаметр скважины $d_1=138$ мм	Диаметр скважины $d_1=138$ мм
Расстояние от пакера до дна забоя $b_1=14$ мм	Расстояние от пакера до дна забоя $b_1=14$ мм	Расстояние от пакера до дна забоя $b_1=14$ мм
Расстояние от места выхлопа до забоя $b_2=14$ мм	Расстояние от от места выхлопа до забоя $b_2=14$ мм	Расстояние от от места выхлопа до забоя $b_2=14$ мм
Расстояние от входных отверстий до дна забоя $b_3=5$ мм	Расстояние от входных отверстий до дна забоя $b_3=10$ мм	Расстояние от входных отверстий до дна забоя $b_3=22$ мм
Давление в напорной магистрали $P=6$ кгс/см ²	Давление в напорной магистрали $P=6$ кгс/см ²	Давление в напорной магистрали $P=6$ кгс/см ²
Расход воздуха на входе в напорную магистраль $Q=10$ м ³ /мин	Расход воздуха на входе в напорную магистраль $Q=10$ м ³ /мин	Расход воздуха на входе в напорную магистраль $Q=10$ м ³ /мин

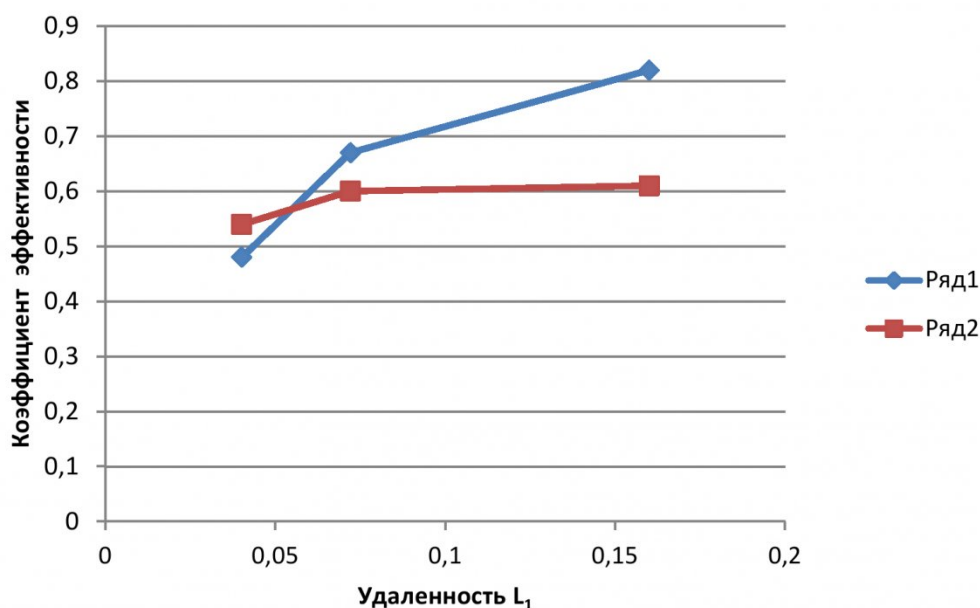


Рис.5. Сравнение результатов экспериментов №1, №2, №3 (ряд 2) на физической модели и расчета влияния на работу циркуляционной системы расстояния от шламосборных отверстий до дна забоя в среде Solid Works (ряд 1).

теля быстро изменяются, необходима более мелкая сетка (рис. 3).

При продувке модели возникают зоны, отличающиеся различными параметрами энергоносителя. Наиболее показательным в нашем случае является такой его параметр, как давления. Наглядность происходящих процессов обеспечивается широким спектром цветов. По мере снижения давления, цвет энергоносителя изменяется от красного до синего. Программное обеспечение Solid Works позволяет произвести демонстрацию процессов, происходящих в призабойном пространстве, в динамике, для чего поток энергоносителя представляется в виде ряда точек. Но при изображении фрагментов процессов удобно воспользоваться разбивкой потока энергоносителя на линии и раскраской зон, характеризующихся различными его параметрами, различными цветами. Это обеспечивает наибольшую наглядность компьютерного моделирования. На рис.4 представлен фрагмент продувки призабойного пространства математической модели имитатора, на которых хорошо просматриваются зоны завихрений, а также роста и падения давле-

ния энергоносителя.

Для проведения расчетов в среде Solid Works и сравнения их с результатами экспериментов на физической модели используются те же геометрические параметры, которые служили исходными данными при продувке стенда-имитатора. Исходные данные для расчетов влияния, например, такого геометрического параметра, как местоположение шламосборных отверстий имитатора относительно дна забоя, сведены в табл.1. Они полностью соответствуют исходным данным экспериментов, проводимых с использованием стенда-имитатора [3].

Графическая обработка результатов расчета, представленных в виде безразмерных величин, приведена на рис.5. По оси ординат откладывается значение коэффициента эффективности

$$K_3 = \frac{Q_{вх}}{Q_{вых}}$$

По оси абсцисс откладывается параметр, названный нами удаленностью L_1 .

$$L_1 = \frac{b_3}{d_{скв}}$$

Этот параметр характеризует расстояние от нижней кромки шламосборных от-

верстий до дна забоя. Как видно из представленного на рис. 5 графика, эффективность работы циркуляционной системы имитатора повышается с ростом расстояния от шламособорных отверстий до дна забоя. Ряд 2 на графике демонстрирует результаты экспериментов на физической модели пневмоударника с обратной циркуляцией очистного агента. Значения ряда 1 представляют результаты уточненного расчета влияния параметра L_1 на эффективность работы циркуляционной системы. Очевидна сходимость результатов экспериментов, проводимых на физиче-

ской модели и расчетов, произведенных на модели математической.

Вывод: создана математическая модель циркуляционной системы имитатора пневмоударника с обратной циркуляцией очистного агента. Проведенные расчеты на математической модели показали сходимость их результатов с результатами экспериментальных исследований физической модели кольцевого пневмоударника, а также его опытного образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ЭИ. ВИЭМС. МГП «Геоинформмарк». Техника, технология и организация геолого - разведочных работ.-1991.-Вып.12 - с. 12-13.
2. *Липин А.А.* Пневмоударное бурение геологоразведочных скважин снарядами с центральным шламотранспортом / Сб. тр. конф. «Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды» Т. 2.– Новосибирск: ИГД СО РАН, 2009. С.38-40.
3. *Липин А.А., Харламов Ю.П., Тимонин В.В.* Исследование циркуляционной системы пневмоударника с центральным шламотранспортом // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. - №2.
4. Патент РФ на ПМ № 111182. Стенд для исследования бурового снаряда с обратной циркуляцией очистного агента / Харламов Ю.П., Заболоцкая Н.Н. // Оpubл. В БИ. – 2011. - №34.
5. *Хенкин. М.Я.* Использование пакета Solidworks в исследовании напряженно-деформированного состояния элементов ударных машин (Научный руководитель Д.С. Воронцов) // Материалы XI научно-технической конференции студентов и аспирантов, посвященной 80-летию СГУПСа Часть1. Технические науки. – Новосибирск: СГУПС, 2012. - С.112-114

Авторы статьи

Тимонин
Владимир Владимирович
канд.техн.наук, и.о. зав.
лабораторией бурения и
технологических импульс-
ных машин.(Институт гор-
ного дела им. Н.А.Чинакала
СО РАН)
email: , timonin@ngs.ru.

Харламов
Юрий Павлович
инженер.(Институт горно-
го дела им. Н.А.Чинакала
СО РАН)
email: , timonin@ngs.ru.