

Во всех случаях зависимая переменная – прочность на сжатие находится в отношении причинной связи с независимой переменной – газоносности по связанным газам. Следовательно, коэффициент детерминации определяет долю, которая может рассматриваться как причинно-обусловленная изменением газоносности по связанным газам.

Газы влияют не только на процессы выемки полезного ископаемого, но и на физико-механические свойства пород. Таким образом, результаты исследования показали, что повышенная газоносность соляных пород ведет к уменьшению прочности пород на одноосное сжатие, а также к уменьшению энергии, затрачиваемой для разрушения газоносной выбросоопасной породы. Также дополнительное ослабление горного массива и особенно целиков за счет повышенной газоносности соляных пород приводит к уменьшению прочности массива в 7-20 раз [6].

В результате данного исследования была установлена зависимость прочности на одноосное сжатие сильвинитовых пластов Верхнекамского месторождения от газоносности по связанным газам, а также корреляционные зависимости для сильвинита красного, сильвинита полосчатого, сильвинита пестрого, карналлита и каменной соли и получены коэффициенты корреляции для каждой породы.

#### Литература

1. Определение газоносности сильвинитов пластов по связанным газам и ее взаимосвязи с прочностью на сжатие / С.С. Андрейко, Е.А. Нестеров, В.Н. Токсаров, Т.А. Бикмаева.
2. Андрейко С.С. Статистические критерии и результаты оценки закономерностей распределения газодинамических явлений на калийных месторождениях/ Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2003.–№4.–С.45–55.
3. Андрейко С.С., Кудряшов А.И. / О природе очагов внезапных выбросов соли и газа/Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 1986.–№2.–С.10-13.
4. Прогнозирование выбросоопасных зон пластов при разведке и разработке Верхнекамского месторождения калийных солей/С.С. Андрейко, О.В. Иванов, А.В. Харинцев, А.Н. Чистяков//Горный журнал.–2008.–№10.– С.34–36.
5. Природные газы калийных месторождений и меры борьбы с ними / А.Н. Земсков, П.И. Кондрашев, Л.Г. Травникова; Пермь, 2008. – 414 с.
6. Разрушение соляных пород / В.Г. Зильбершмидт, В.В. Зильбершмидт, О.Б. Наймарк. М. : Наука, 1992. – 144 с.
7. Разработка калийных месторождений: практикум / В.А. Соловьев, А.И. Секунцов. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 265 с.

### ГИДРОИМПУЛЬСНЫЙ СИЛОВОЙ МЕХАНИЗМ СВАЕБОЙНОЙ МАШИНЫ В УСЛОВИЯХ ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

О. И. Богданов

Научный руководитель, доцент Е. Н. Пашков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Строительство и обустройство удаленных нефтегазовых месторождений является не менее важным этапом, чем сам технологический процесс добычи и подготовки нефти и газа. Реализация сложных масштабных проектов не обходится без специальной техники. Одна из первых задач при обустройстве месторождений: забивка свай. Назначение свай - устройство фундаментов зданий, опор мостов, эстакад и т.д., укрепление слабых грунтов, защита от воздействия грунтовых вод и обрушения грунта.

Строительство месторождений от строительства гражданских объектов в населенных местах отличается повышенной трудо- и ресурсозатратностью. Большинство нефтегазовых месторождений находятся в труднодоступных местах, таких как тайга, болотная местность, северные и заполярные районы с суровым климатом и вечномерзлыми грунтами. Доставка техники и материалов в такие места проблематична и дорога. Важно в процессе подготовки подобрать высокоэффективные и надежные агрегаты. Сваебойные машины одни из основных агрегатов при строительстве и обустройстве месторождений. Настоящие потребности в строительстве месторождения заключаются в возведении свай под технологическое оборудование (сепараторы, колонны, сосуды, печи и т. д.), эстакад под линии трубопроводов, сваи под техпомещения, машзалы и блок-боксы, служебно-эксплуатационные и жилые здания, а также сваи под различные опоры, колонны, мачты, и молниеотводы.

Основной способ погружения готовых свай - забивка. Для забивки применяют специальные установки - копры, оборудованные механическими, паровоздушными или дизельными молотами. Механические и паровоздушные молоты в массовом строительстве постепенно заменяются гидравлическими и вибрационными дизель-молотами из-за их высокой производительности и простоты эксплуатации. Интенсифицировать процесс погружения забивных свай возможно по двум направлениям: создание технических средств, с помощью которых можно обеспечить требуемые для погружения свай нагрузки при уменьшенной массе оборудования, и средств, изменяющих силовое взаимодействие сваи с грунтом по разделяющим их поверхностям и уменьшающим тем самым сопротивление грунта погружению сваи, что, в конечном счете, приводит к снижению требуемых внешних нагрузок, а следовательно - к меньшей массе оборудования.

В первом случае применяют сваебойное оборудование — сваиные молоты, которые передают свае ударную нагрузку. Недостатком таких агрегатов является низкий КПД за счет потерь мощности на работе клапанов и дросселей, высокий уровень шума, наличие системы смазки. В условиях мест, отдаленных от опорной базы, и в местах естественного обитания диких животных это является не только экологической проблемой для местной флоры и фауны, но и увеличением затрат в связи с увеличением срока постройки.

Второе направление реализовано в конструкциях вибропогружателей, которые нагружают сваю периодически изменяемой по значению и направлению возмущающей нагрузкой высокой частоты. Вследствие высоких мгновенных относительных знакопеременных скоростей в пограничной со сваем зоне резко снижается коэффициент внутреннего и внешнего трения грунта, который приобретает свойства жидкости, чем снижается его сопротивляемость погружению сваи. Этот метод весьма эффективен при погружении свай в водонасыщенные песчаные грунты, а также другие грунты пластичной консистенции. По сравнению с ударным способом в указанных грунтах вибропогружением можно повысить производительность труда в 2,5...3 раза при снижении стоимости работ в 1,5...2 раза.

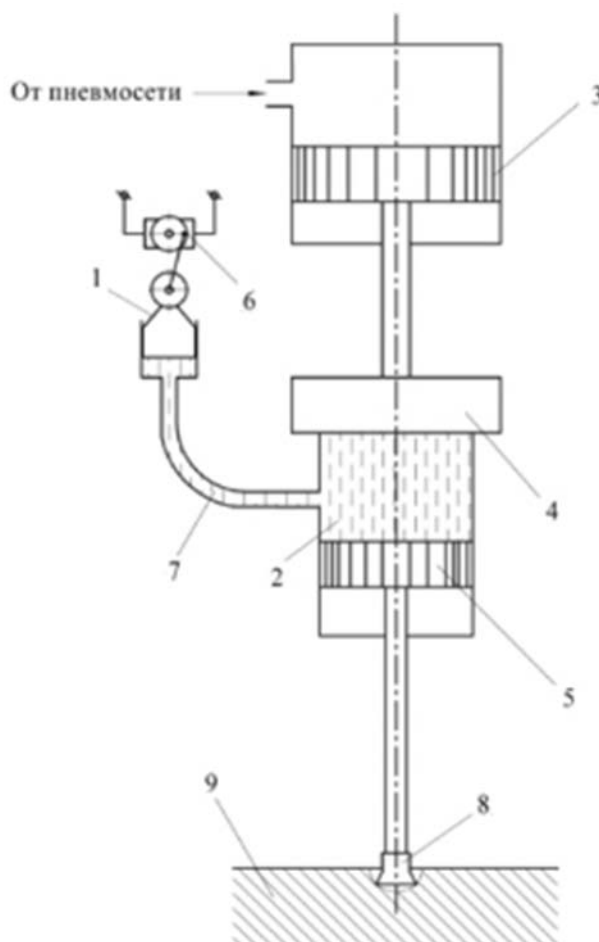


Рис. 1 Гидроимпульсная сваебойная машина

С уменьшением влажности грунтов для погружения свай с использованием виброэффекта к ним требуется прикладывать большие статические или динамические (ударные) вертикальные нагрузки. Способы погружения свай сочетанием указанных нагрузок называют соответственно виброудавлением и виброударным погружением. Недостатками данных машин являются: большое количество подвижных элементов, сложность конструкции, относительно большие габаритные размеры, дебалансы разбивают опоры качения. Кроме того, как упоминалось выше, вибропогружатель наиболее эффективен при работе с мягкими грунтами и по мере возрастания твердости скорость погружения уменьшается. Рассматривая вибрационный способ погружения как наиболее удачный, на кафедре «Теоретической и прикладной механики» было предложено, заменить вибропогружающий механизм на гидроимпульсный, который обладает повышенным КПД, за счет упрощения конструкции, в котором нет многочисленных подвижных деталей и опор качения.

Гидроимпульсный сваебойный механизм представляет собой гидроцилиндр наполненный несжимаемой жидкостью с одной стороны жидкость поджата поршнем с другой инерционной массой. Разрушение породы происходит под действием упругих колебаний, которые передаются жидкостью через поршень к свае.

В данном устройстве (см. рис. 1) для формирования силовых импульсов можно выделить два колебательных контура. Первый колебательный контур гидропульсатор – 1, создающий колебания давления жидкости, второй – жидкость – 2, находящаяся в замкнутом объеме, пневмоподатчик – 3, активная масса – 4 с корпусом гидроцилиндра.

Потенциальная энергия сжатого воздуха в пневмоподатчике, разгоняя активную массу, переходит в ее кинетическую энергию. Активная масса, действуя на замкнутый объем жидкости, преобразует свою кинетическую энергию в потенциальную энергию деформированного рукава высокого давления – 7. Деформация рукава высокого давления будет продолжаться до тех пор, пока не израсходуется вся кинетическая энергия массы. Вынужденные колебания данной системы обеспечиваются работой гидропульсатора.

Данный механизм может быть использован для таких видов работ, как погружения в грунт и извлечения железобетонных свай-оболочек, для погружения призматических железобетонных свай в грунт, для возведения шпунтового ограждения.

#### Литература

1. Зиякаев Г. Р., Саруев Л. А., Мартюшев Н. В. Математическое моделирование гидроимпульсного механизма бурильных машин // В мире научных открытий. – 2010. – № 6.3 (13) – С. 61-65.
2. Пашков Е. Н., Зиякаев Г. Р., Кузнецов И. В. Дифференциальные уравнения процессов гидроимпульсного силового механизма бурильных машин / Пашков Е. Н., Зиякаев Г. Р., Кузнецов И. В. // Приволжский научный вестник. – 2013. – № 4 (20). – С. 32–36.
3. Пашков Е. Н., Зиякаев Г. Р., Юровский П. Г., Пономарев А. В.. Патент на ПМ 133152 РФ. МПК7 E02D 7/10. Гидроимпульсная сваебойная машина / Оpubл. 10.10.2013 г.
4. Пашков Е. Н., Саруев Л. А., Зиякаев Г. Р. Математическое моделирование гидроимпульсного механизма бурильных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 5 – С. 26-31.
5. Саруев Л. А., Зиякаев Г. Р., Пашков Е. Н. Математическое моделирование гидроимпульсного механизма бурильных машин // Перспективы развития горнотранспортного оборудования: П26 Сборник статей. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала) – М.: издательство "Горная книга". – 2011. – № ОВ5. – 344 с.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧЕ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ

М. А. Булгин

Научные руководители, профессор Ан И-Кан, старший преподаватель Д. В. Беляев  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время, в нефтегазовой, а также в других отраслях промышленности (авиакосмической, подъемно-транспортной и т.п.) получают распространение волновые передачи с промежуточными телами качения (ВПТ). Благодаря широкому диапазону передаточных отношений, конструктивной гибкости и многопарности зацепления введение их в конструкции позволяет создавать механизмы с улучшенными характеристиками. Однако недостаточная изученность создает препятствия к их производству и более широкому распространению [2, 3].

Конструкции ВПТ достаточно разнообразны, в данной статье, рассмотрена передача, основу которой составляет механизм, представленный на рис. 1.

Механизм работает следующим образом: при сообщении движения кулачку 1, промежуточные тела 4, волнообразно перекачиваются по профилям зубьев центрального колеса 2, и поступательно двигаясь внутри гнезд сепаратора 3, могут передавать движение и центральному колесу и сепаратору.

Поскольку геометрические оси промежуточных тел перемещаются в пространстве и выходным звеном, может быть центральное колесо или сепаратор, то такую передачу можно отнести к так называемым дифференциально – планетарным механизмам, имеющим две степени свободы.

Возможны два варианта такой передачи, когда количество промежуточных тел больше чем число зубьев или впадин центрального колеса и когда промежуточных тел меньше. На рис. 1 а) и б) представлены оба варианта такого механизма.

Рассмотрим отдельно взятое промежуточное тело и элементы деталей, с которыми оно контактирует. Составим расчетную схему, которая представлена на рис. 2. На промежуточное тело в узле действуют три силы, со стороны кулачка Р, сепаратора N и центрального колеса F.

Введем глобальную систему координат Оху, с началом, совпадающим с центром передачи. Линии действия указанных сил относительно принятой системы координат расположены следующим образом: вектор силы F образует с осью Оу угол  $\gamma$ , линия действия силы N параллельна Ох и находится на расстоянии S от нее, вектор силы Р находится на прямой, проходящей через геометрические центры кулачка и промежуточного тела. Таким образом, данные усилия представляют собой систему сходящихся сил, линии действия которых, пересекаются в геометрическом центре промежуточного тела. Для этой системы можно записать уравнение

$$\vec{F} + \vec{N} + \vec{P} = 0 .$$