

Д-р техн. наук В.Г. Перепелица,
д-р техн. наук В.С. Кулинич,
канд. техн. наук Л.Д. Шматовский,
инж. В.Н. Попов (ИГТМ НАН Украины),
канд. техн. наук С.В. Кулинич
(шахта им. Ю.А. Гагарина)

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛАВНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД МЕТОДОМ ЛОКАЛЬНОГО ГИДРОРАЗРЫВА

Наведено результати розробки та удосконалення обладнання для визначення головних напружень локальним гідророзривом в масиві гірських порід

DESIGN AND IMPROVEMENT OF EQUIPMENT DETERMINING PRINCIPLE STRESSES BY WAY OF LOCAL HYDRAULIC BREAK OF ROCK MASS IN DEEP MINES

The work presents results of designing and improving equipment used for determining values and directions of principle acting stresses by way of local hydraulic break of rocks in deep mines

Результатами теоретических и экспериментальных работ доказано [1-5], что одним из эффективных и технологичных для определения величины и пространственной ориентации главных напряжений, действующих в массиве горных пород, является метод локального гидроразрыва (ЛГР), основанный на количественной зависимости критического давления рабочей жидкости (P_k^*) при внутрискважинном гидроразрыве изолированного участка измерительной скважины от напряженного состояния и прочностных свойств хрупко разрушаемых сред.

Оборудование, специально предназначенное для шахтных определений действующих главных напряжений методом ЛГР, до настоящего времени промышленностью серийно не производится.

В ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины создан комплект основного оборудования и аппаратуры для определения действующих в массиве горных пород напряжений по силовым параметрам внутрискважинного гидравлического разрыва.

Комплект включает (рис. 1): высоконапорный гидравлический насос (1); распределитель рабочей жидкости (2); запорные вентили (3, 4); контрольные манометры (5, 6); разгрузочный штуцер (7); штуцер для подключения датчика гидравлического давления рабочей жидкости (8); шланговый герметизатор (9); нагнетательный трубопровод для создания внутреннего распорного давления (10); трубопровод сквозной (11), проходящий внутри герметизирующей оболочки; досыльник (12); датчик гидравлического давления (13); батарейный блок электрического питания (14); самописец (15); скважинный аккумуляторный светильник (16); перископическое устройство (17).

Отличительной особенностью в данном комплекте оборудования является

применение двух нагнетательных трубопроводов (10 и 11), один из которых предназначен для создания распорного давления внутри герметизирующей оболочки, а другой (11) – сквозной, служащий для нагнетания рабочей жидкости в предварительно изолированную нагнетательную камеру, вплоть до внутрискважинного гидроразрыва ее стенок.

После завершения процесса ЛГР в заданном участке измерительной скважины и сброса избыточного гидравлического давления рабочей жидкости сквозной гидропровод используют для определения из исследуемого массива дебитов газообразных и жидких флюидов, контролируемых при помощи манометра (6) и расходомера, подключенного к разгрузочному штуцеру (7). Нагнетательные трубопроводы монтируют из стандартных латунных или медных трубок диаметром 5-6 мм с толщиной стенки не менее 1 мм, подсоединяемых к гидравлическому насосу (1) и герметизирующему устройству (9) при помощи переходных соединительных муфт (18-19).

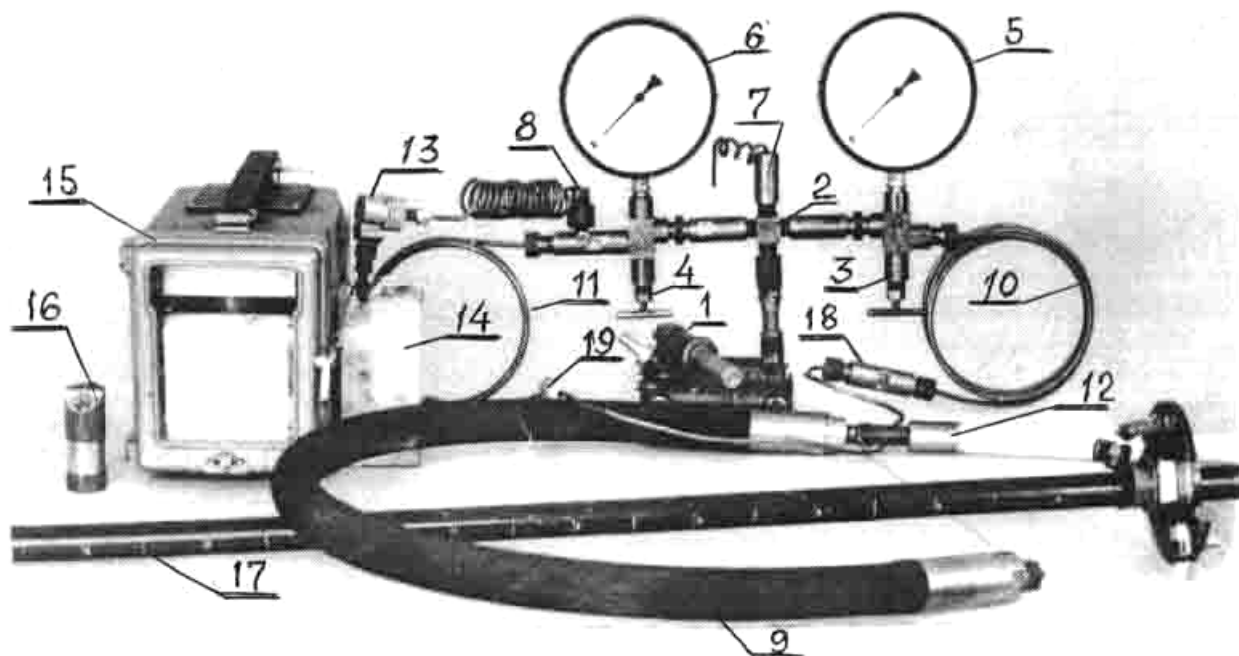


Рис. 1 – Комплект оборудования и аппаратуры для определения напряжений методом локального гидравлического разрыва

Весьма ответственными при обеспечении надежной внутрискважинной изоляции нагнетательных камер в измерительных скважинах при осуществлении процесса ЛГР являются шланговые герметизаторы, в частности их прочностные свойства, а также эксплуатационная надежность работы резиновой герметизирующей оболочки и ее концевых частей в сопряжении с наружными металлическими обоймами и внутренними втулками, вмещающими распорный (10) и сквозной (11) нагнетательные трубопроводы (рис. 1).

В ИГТМ НАН Украины выполнены конструкторские проработки, обоснованы технические требования и созданы рациональные конструкции распорных герметизирующих устройств, обеспечивающих эксплуатационную надежность

при многократной изоляции нагнетательных камер в массиве горных пород.

На рис. 2 приведена конструктивная схема усовершенствованной заделки концевых частей резиновой оболочки, армированной металлическим кордом и спиральным компенсатором деформации сквозной нагнетательной трубки модернизированного распорного герметизирующего устройства шлангового типа многоциклического действия. В отличие от конструкции, используемой в промышленных образцах шланговых герметизаторов, авторами предложено для концевой заделки (являющейся наиболее слабыми звеньями при создании внутреннего распорного давления) использовать вместо конусных соединений цилиндрические наружные обоймы 3 и внутренние ступенчатые втулки 4, прочный контакт которых с предварительно очищенным от резинового покрытия металлическим кордом 2 осуществляют при помощи объемного обжима в специальных нагрузочных устройствах. После обжатия система 3-2-4 принимает ступенчатую форму, соответствующую внешней поверхности внутренней втулки 4, что препятствует относительному осевому перемещению сопряженных поверхностей при создании внутреннего распорного давления (P_2). Для герметизации указанных соединений, вводов и выводов нагнетательных трубопроводов 10, 11 использованы уплотнительные резиновые манжеты 6, 8 с прижимными гайками 7, 9. Для равномерной передачи распорного давления на стенки нагнетательных скважин предложено длину герметизирующей оболочки уменьшить до 0,5-0,8 м, а неподвижность ее в осевом направлении при гидравлическом нагружении нагнетательной камеры обеспечить механическим подпором досылочных штанг (рис. 1) со стороны устья измерительной скважины.

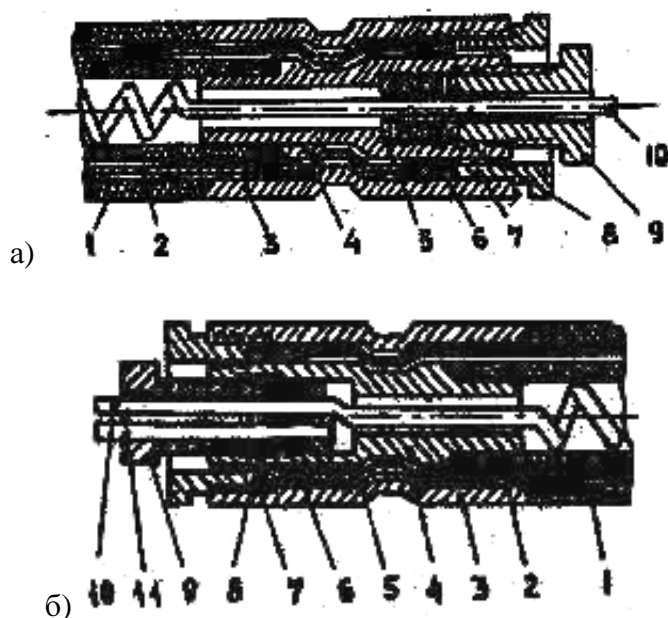


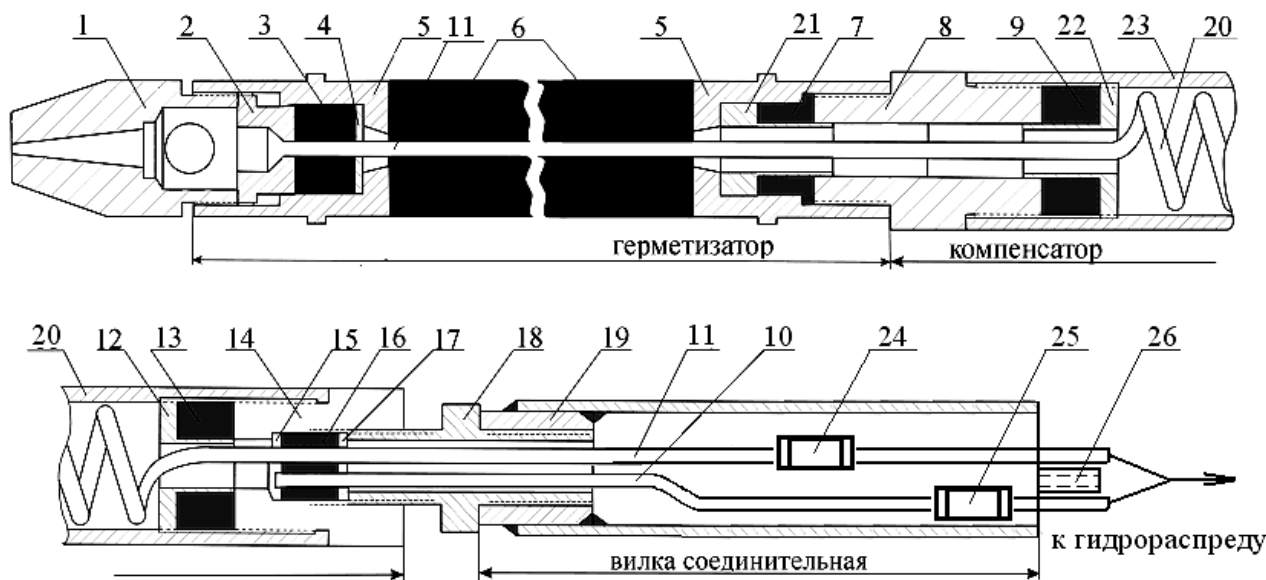
Рис. 2 – Конструкция заделки передней (а) и тыльной (б) концевых частей герметизирующей оболочки шланговых распорных герметизаторов

Наличие сквозного нагнетательного трубопровода (11) расширяет функциональные возможности герметизирующих устройств, но усложняет их конструк-

цию, что сопряжено с необходимостью обеспечения надежного герметизационного уплотнения в передней и тыльной концевых частях шлангового герметизатора (9) (рис. 1 и 2). В результате, внутренняя часть нагнетательного трубопровода (11) при работе герметизирующего устройства в режиме нагнетания и последующего сброса распорного гидравлического давления испытывает знакопеременные продольные деформации (сжатия и растяжения), что при многоциклическом нагружении сопряжено с нарушением целостности указанного трубопровода и необходимостью выполнения ремонта герметизирующего устройства.

Для обеспечения эксплуатационной надежности его при многоциклической работе предложено использовать кольцеобразную навивку сквозной нагнетательной трубки и расположить ее в отдельном цилиндрическом корпусе, соединенном с тыльной стороной шлангового герметизатора.

На рис. 3 приведен продольный разрез по герметизирующему устройству многоциклического действия и наименования его основных деталей.



- 1 – наконечник герметизатора; 2 – шайба фигурная уплотнителя; 3 – уплотнитель трубки;
- 4 – шайба ограничительная; 5 – цилиндрические наружные обоймы герметизатора;
- 6 – герметизирующая оболочка; 7 – уплотнитель втулки герметизатора; 8 – переходник от герметизатора к компенсатору; 9 – уплотнитель передней втулки компенсатора;
- 10 – внутренний нагнетательный трубопровод; 11 – сквозной нагнетательный трубопровод;
- 12 – задняя втулка компенсатора; 13 – уплотнитель задней втулки компенсатора;
- 14 – прижимная гайка компенсатора; 15 – ограничительная шайба уплотнителя;
- 16 – уплотнитель нагнетательных трубок; 17 – ограничительная шайба нагнетательных трубок;
- 18 – переходной штуцер; 19 – вилка соединительная; 20 – трубка компенсатора сквозного нагнетательного трубопровода; 21 – втулка фигурная; 22 – втулка компенсатора;
- 23 – корпус компенсатора; 24, 25 – соединительные муфты; 26 – штуцер для досыльника

Рис. 3 – Герметизирующее устройство многоциклического действия:

Конструктивным отличием, кроме усовершенствования заделки концевых частей герметизирующей оболочки, в созданном герметизирующем устройстве

(рис. 3), обеспечивающем надежность его работы при многоциклическом нагружении, является наличие компенсаторной навивки сквозного нагнетательного трубопровода (11), расположенного в цилиндрическом корпусе (23), который подсоединен к тыльной наружной обойме (5) с обеспечением необходимой герметизации при помощи системы уплотнителей (7, 9, 13, 16).

Стендовыми испытаниями определено, что длина цилиндрического корпуса компенсатора (при скважине диаметром 46 мм) составляет около 50 см, а количество размещенных в нем витков нагнетательной трубки примерно равно 25-35.

Герметизирующее устройство работает следующим образом. При нагнетании высоконапорным насосом во внутреннюю полость герметизатора его упругая герметизирующая оболочка (6) увеличивается в диаметре и сокращается по длине. При этом происходит укорочение сквозной нагнетательной трубки на величину Δl , что компенсируется сжатием ее компенсаторной навивки (20) до момента создания заданного гидравлического распора (P_2), обеспечивающего требуемую надежную герметизацию нагнетательной камеры в пробуренной измерительной скважине. После этого, пользуясь запорными вентилями (3) и (4) гидрораспределителя (2) и насосом (1) (рис. 1) по сквозному трубопроводу (11) закачивают рабочую жидкость в загерметизированную нагнетательную камеру до осуществления ЛГР, контролируемого при помощи манометра (6) и самопишущей системы (8, 13-15). После окончания процесса ЛГР и измерения газодинамических параметров исследуемого массива распорное давление сбрасывают до атмосферного. Герметизирующее устройство (рис. 3) под действием упругих осевых усилий упругой оболочки (6) и сжатой компенсаторной навивки сквозного нагнетательного трубопровода (20) достигает первоначальных геометрических параметров. После этого герметизирующее устройство извлекают из измерительной скважины или передвигают на последующий интервал в скважине для выполнения нового цикла измерений.

Результаты стендовых испытаний и шахтных исследований показали [6], что созданные модернизированные герметизирующие устройства, обеспечивают надежную работу при их многоциклическом нагружении, превышающем 100 циклов и более, в режимах нагрузки-разгрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулинич В.С., Шевелев Г.А., Егоров С.И. Методы и средства определения параметров геомеханического состояния газоносного породного массива. - Донецк. ЦБНТИ, 1994. - 202 с.
2. Кулинич В.С. Теоретические и экспериментальные аспекты измерения напряжений в массиве горных пород гидравлическим разрывом // Исследование напряжений в горных породах. – Новосибирск: СО АН СССР, 1985. - С. 67-74.
3. Кулинич В.С. Оборудование и аппаратура для измерения напряжений в массиве горных пород способом гидравлического разрыва. / Уголь, 1988. - № 10. - С. 32-33.
4. Шматовский Л.Д., Гирич Е.Г., Пожытько И.И., Апельский В.В. Опыт подготовки и использования гидравлического оборудования для оценки напряженного состояния углепородного массива пласта l_1 . – Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / Ин-т геотехн. механ. им. Н.С.Полякова НАН Украины. - Днепропетровск, 2002. – Вып. 37. – С. 104-109.
5. Кулинич В.С., Перепелица В.Г., Шматовский Л.Д., Кулинич С.В. Теоретические и экспериментальные аспекты определения параметров геомеханического состояния газоносного углепородного массива. – Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / Ин-т геотехн. механ. им. Н.С.Полякова НАН Украины. - Днеп-