

Д-р геол. наук В.А. Баранов, инж. П.С. Пащенко,
(ИГТМ НАН Украины),
канд. техн. наук Б.В. Бокий, инж. Д.П. Гуня
(АП шахта им. А.Ф. Засядько)

ВЫДЕЛЕНИЕ НАРУШЕННОСТИ ПОДРАБОТАННОГО ГОРНОГО МАССИВА ПО ВЕЛИЧИНЕ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Розглядається можливість прогнозування ослаблених зон і зон техногенної тріщинуватості методом акустичної емісії.

SELECTION OF THE INFRINGEMENTY EARNED ADDITIONALLY MINE RANGE BY SIZE OF ACOUSTIC SIGNAL

Possibility of prognostication the loosened areas and areas of technogenic by the jointing method of acoustic emission is examined.

С увеличением глубины горных работ усиливается горное давление, повышается опасность возникновения горных ударов, выбросов угля, пород и газа, создаются значительные трудности в поддержании подготовительных и очистных выработок, в зону влияния подземных работ попадают большие площади земной поверхности, что приводит к ряду негативных последствий.

При выемке угля современными комбайнами по существующим технологиям, с быстрыми темпами отработки, вся толща горных пород, находящаяся над вынимаемым пластом и частично под ним, подвергается техногенным нарушениям, видимым проявлением которых является сдвигание земной поверхности и перераспределение горного давления в отработанном массиве. Сдвигание подработанного массива горных пород и земной поверхности при подземной выемке угля в газоводонасыщенной терригенной толще является главной причиной проявления опасных и аварийных ситуаций, приводящих к человеческим жертвам на угледобывающих предприятиях.

Теоретическое представление сдвигания горного массива и земной поверхности, наиболее соответствующее реально проходящему процессу, позволяет описать, объяснить и предвидеть явления, которые могут возникнуть при подземной выемке пластов угля. В то же время, сдвигание земной поверхности и газоводонасыщенной терригенной толще недостаточно изучено, особенно не исследована взаимосвязь параметров сдвигания, трещинообразования и газовыделения с перемещением очистного забоя при больших скоростях и на больших глубинах. Современные большие скорости подвигания очистных забоев влияют на продолжительность развития деформаций растяжений и сжатий в динамической мульдe сдвигания.

Таким образом, проблема поведения подработанного горного массива является актуальной и требующей дальнейших теоретических и эмпирических исследований.

В экспериментальных исследованиях (натурных и лабораторных) горный массив представляется слоистым, а механизм сдвигания над очистной выработкой выше зоны обрушения объясняется последовательным расслоением и прогибом

слоев под действием силы тяжести и пригрузкой вышележащей толщи [1].

Горные породы, вмещающие угольные пласты, представляют собой слоистую среду, расчлененную плоскостями напластований и системой природных трещин. До проведения горных выработок они находятся в естественном напряженном состоянии всестороннего сжатия. Проведение горных выработок вызывает перераспределение существующих напряжений в окружающем массиве пород. Под действием изменяющихся напряжений породы кровли и почвы прогибаются в сторону выработанного пространства. Характер протекания процесса сдвижения зависит от размеров очистной выработки, прочности пород, их слоистости, мощности отдельных слоев и угольных пластов, глубины горных работ, угла падения пород, наличия тектонических нарушений. Прогибаясь в сторону выработанного пространства по нормали к напластованию под действием силы тяжести, подобно плитам или балкам, защемленным по концам, ниже лежащие слои последовательно отделяются (отслаиваются) от выше лежащих пород (вверх от отработанного пространства).

Одновременно над очистной выработкой происходит сдвижение, но не только над ней, но и за ее пределами. Это происходит потому, что упругие слои пород кровли зависят над выработанным пространством и тем самым дополнительно пригружают краевую часть отрабатываемого пласта на границе с выработанным пространством. Образуется зона опорного давления, которая передается на слои пород, покрывающие и подстилающие угольный пласт.

При рассмотрении сдвижения горных пород в области охваченной очистной выработкой выделяется ряд зон, различающихся характером и степенью деформированности. В толще пород, окружающих горную выработку, выделяют различное количество зон в зависимости от их напряженно-деформированного состояния.

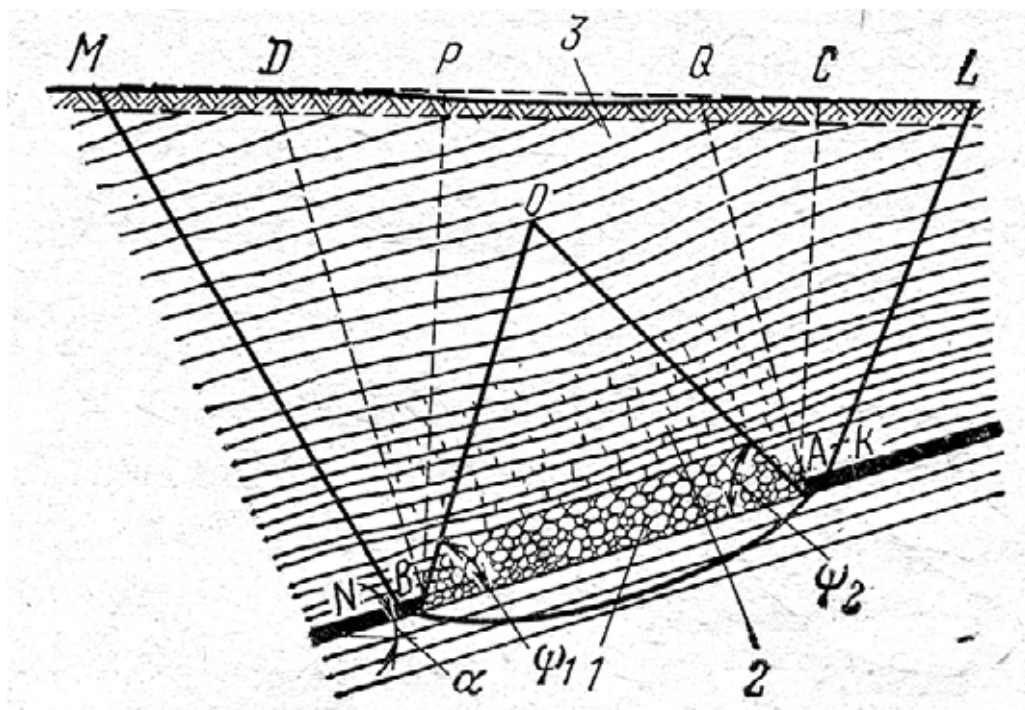
Д.А. Казаковский [2], при исследовании процессов управления обрушением кровли выделяет три зоны: обрушения, трещин и прогиба без разрыва сплошности (рис.1). При этом он отмечает, что такое деление является условным.

В действующих правилах охраны сооружений и природных объектов по Донецкому бассейну [3] в подработанной толще горных пород выделяется четыре зоны (рис. 2): I – обрушения, II – трещин, III – плавного прогиба, IV – опорного давления. Кроме того, две зоны выделяются в надрабатываемой толще: V – разгрузки и VI – опорного давления.

Наибольшее развитие в последние годы получила теория сдвижения горного массива и земной поверхности, предложенная ВНИМИ, изложенная в работах В.А. Букринского и М.А. Иофиса. [4,5]. Авторы рассматривают процесс сдвижения как расслоение пород толщи, которое продолжается до тех пор, пока не будет восстановлено равновесие всех слоев подработанного горного массива. При этом образуются три зоны: беспорядочного обрушения; прогиба пород с образованием трещин разрыва; прогиба пород без разрыва сплошности.

Анализ литературных источников показывает, что за последние 50 лет в теории сдвижения горного массива и земной поверхности не произошло принципиальных изменений, но в настоящее время для уточнения данной модели появляется все больше факторов, которые подлежат изучению: большие глубины отработ-

ки, скорость отработки лав, опасность возникновения горных ударов, выбросов угля, пород и газа [6].



1 – зона обрушения, 2 – зона трещин, 3 – зона прогиба без разрыва сплошности

Рис. 1 – Схема сдвижения пород подработанной толщи при пологом залегании угольного пласта

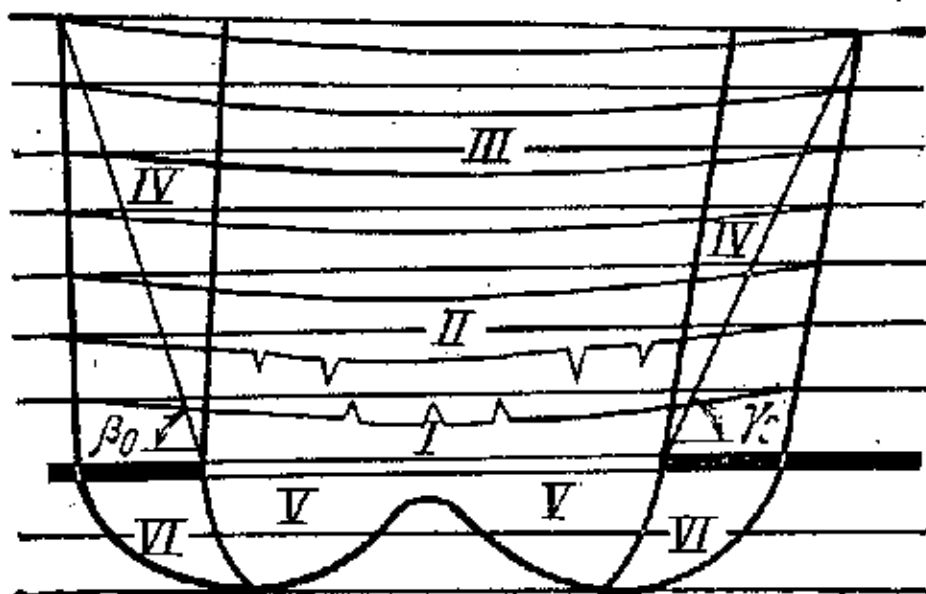
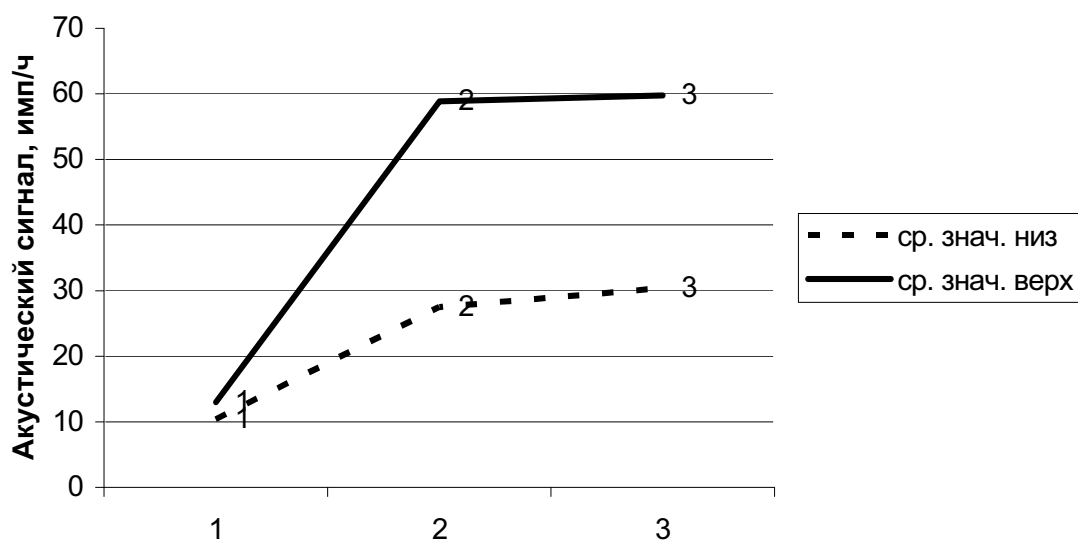


Рис. 2 – Схема разделения подработанной и надработанной толщи горных пород на зоны влияния очистных выработок по правилам охраны сооружений в Донбассе.

До настоящего времени основной проблемой остается изучение поведения горного массива над очистной выработкой. В качестве объекта изучения нами была выбрана шахта им. А.Ф. Засядько. Исходными данными служил акустиче-

ский сигнал, который регистрируется службой прогноза на шахте. Акустический сигнал регистрируется в процессе отработки лавы одновременно по вентиляционному (вверх по падению пород) и конвейерному (вниз по падению пород) штреку. Исходные данные представляют собой графики акустического сигнала по этим выработкам. После обработки исходных данных на персональном компьютере была создана база данных в оболочке Excel, для 13-й, 14-й, 15-й западных лав. Были произведены расчеты среднего значения акустического сигнала по лавам (рис. 3) и годам (рис. 4), и построены соответствующие графики. Проанализировав данные, мы предполагаем, что чем больше значение акустического сигнала, тем большее разуплотнение пород происходит в горном массиве, т.е. можно предположить, что акустический сигнал отражает степень нарушенности или трещиноватости подработанных горных пород. Акустический сигнал является следствием трещинообразования под действием динамически изменяющихся напряжений (быстрых скоростях отработки лав) во времени и пространстве. Этот факт описан методически и установлен экспериментально в работах А.Ф. Булата и В.К. Хохолева [7,8].



1 – 13-я зап. лава, 2 – 14-я зап. лава, 3 – 15-я зап. лава

Рис. 3 – Графики усредненного акустического сигнала по лавам

Как пишет И.В. Хохлов [1], в разуплотненных породах кровли и, в частности, в зоне трещинообразования происходит расширение естественных и появление новых нормально секущих трещин, а также трещин по напластованию. Это ведет к увеличению проницаемости пород по сравнению с их естественным состоянием, но оно меньше, чем в зоне обрушения. Ширина раскрытия трещин расслоения иногда достигает нескольких сантиметров. Такие трещины являются каналами движения воды и газа. Сосредоточены они преимущественно в зоне разгрузки. Эти каналы не закрываются полностью, особенно в крепких породах и при восстановлении нагрузок. Разуплотнение пород вызывает падение газового давления и дегазацию угольных пластов.

На рис. 3 представлены графики, демонстрирующие увеличение средних зна-

чений акустического сигнала от 13-й до 14-й и 15-й западных лав. Увеличивающийся рост сигнала от 13-й до 15-й западной лавы (по низу и верху) позволяет предположить, что при отработке угольного пласта горный массив наследует характеристики разуплотнения предыдущей лавы. Таким образом, в последующих лавах проявляются зоны разуплотнения или трещиноватости, заложенные в предыдущих лавах, которые служат каналами для поступления в выработку газа и воды.

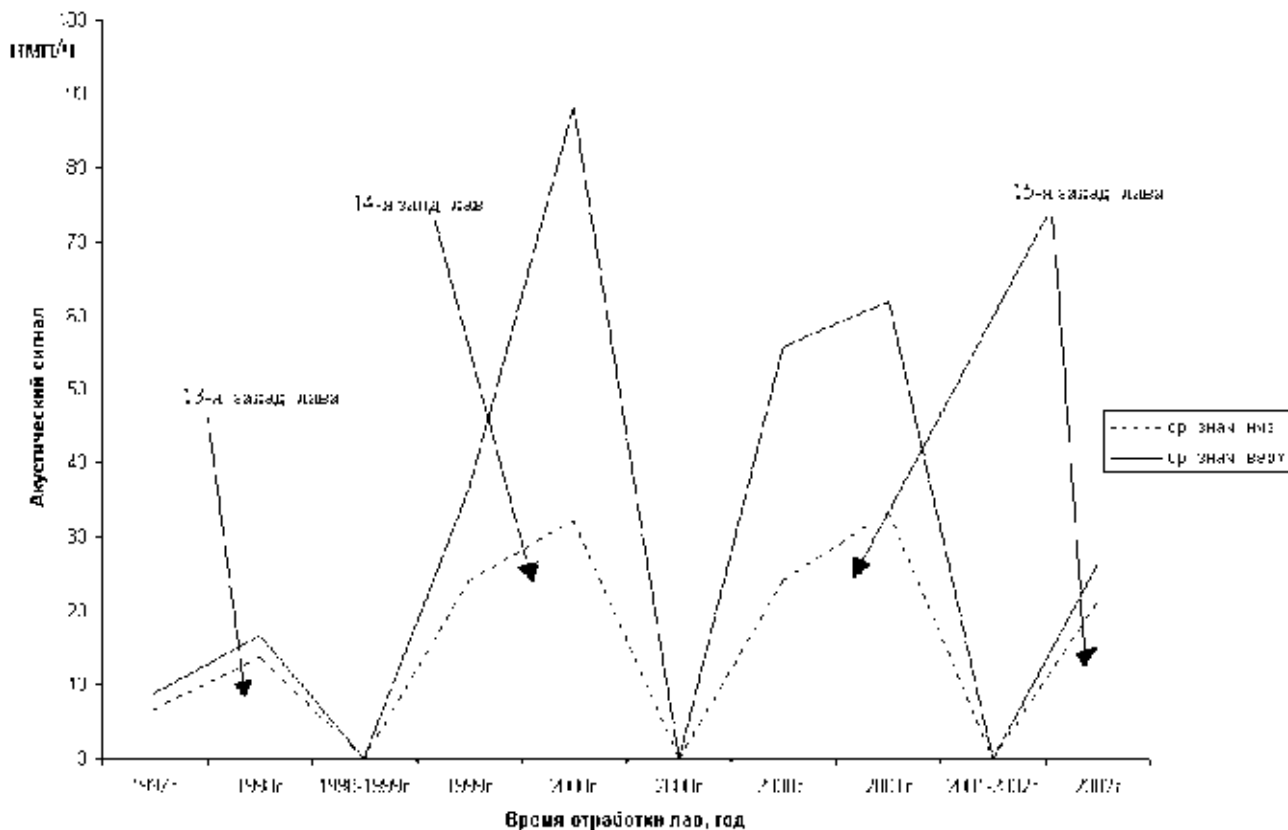


Рис. 4 – Графики усредненного акустического сигнала по годам.

Для подтверждения данного вывода была рассмотрена исследуемая площадь во времени отработки, т.е. произведен расчет среднего значения акустического сигнала по годам отработки лав (рис. 4). Исходя из того, что разработка лавы проводится в течение определенного времени, лава представлена в виде блоков или временных этапов. Период с 1997 – 1998 г.г. время отработки 13-й западной лавы, 1999 – 2000 г.г. – 14-й западной лавы. Период отработки 15-й западной лавы состоит из двух этапов 2000 – 2001 и 2002 г. Это связано с тем фактом, что в течение шести месяцев данная лава не отработывалась по техническим причинам.

Анализ графиков, позволил установить интересный факт, показывающий, что время оказывает существенное влияние на горный массив, который стремится к восстановлению целостности массива. График акустического сигнала по времени отработки 14-й западной лавы практически идентичен 15-й западной лаве. Значение пика на 14-й западной лаве (верх) достигает 90 имп/ч, а на 15-й западной лаве (верх) – 60 имп/ч. По нашему предположению средние значения акустиче-

ского сигнала не должны сильно отличаться и должны находиться в одинаковых диапазонах при соизмеримых природных и тектонических условиях.

Таким образом, чем меньше время между отработками лав, тем с большей уверенностью можно прогнозировать поведение горного массива, т.е. степень его разуплотнения, а это позволит при прочих равных условиях более эффективно прогнозировать зоны для бурения дегазационных скважин. Основываясь на том, что 12-я западная лава разрабатывалась около четырех лет, а горный массив стремится к восстановлению, можно предположить, что это повлияло на значения акустического сигнала за период отработки 13-й западной лавы и оно меньше относительно 14-й и 15-й западной лавы.

Исходя из выше сказанного, можно предположить, чем дольше идет процесс отработки угля, тем более плавно и спокойно протекает процесс трещинообразования, тем меньше вероятность резонансных проявлений техногенного влияния и природного трещинообразования (пример: 13-я и 14-я западные лавы). При быстрой отработке лавы техногенное воздействие сгруппировано и, вероятно, совместно с природной трещиноватостью может образовывать резонансно выраженные зоны высокой степени акустического сигнала и трещинообразования, что мы и наблюдаем на примерах 14-й и 15-й западных лав. Результатом подобного резонансного сочетания (по нашему мнению) техногенного и природного трещинообразования может служить быстрая по скорости и большая по объему (площади) посадка кровли 15-й западной лавы на пикете 39+2 верх и 44+2 низ, со значительным выделением метана, что привело к газодинамическому явлению с негативными последствиями.

Таким образом, можно предположить, что акустический сигнал является качественным показателем разуплотнения горного массива и трещиноватости пород. Он характеризует степень нарушенности пород, т.е. наличие образования максимального количества техногенной трещиноватости. Это объясняется тем, что на высоту разуплотнения существенное влияние оказывает мощность отрабатываемого пласта, угол залегания пород, свойства пород находящихся в кровле отрабатываемого угольного пласта. Основываясь на проведенных исследованиях, можно предположить, что средние значения акустического сигнала на 16-й западной лаве будут колебаться в пределах 40-50 имп/ч, так как период отработки 15-й западной лавы составлял около трех лет.

Выводы. Анализ литературных данных и эмпирических исследований позволяет сказать, что акустический сигнал может выступать показателем разуплотнения горного массива или качественным показателем степени технологической трещиноватости. Как известно трещиноватость является каналами поступления в горную выработку газа и воды, поэтому с учетом установленной качественной закономерности можно прогнозировать с большей точностью места для бурения дегазационных скважин, а это позволит снизить расходы на бурение, повысить безопасность условий работы шахтеров, оптимизировать подземную дегазацию.

Исходя, из проведенных исследований можно предположить, что горный массив наследует характеристики разуплотнения при проведении горных работ, и стремится к восстановлению первоначальных условий. Для более точного прогнозирования этих условий время выступает одним из факторов который должен

учитываться службами шахты при проведенни комплексной дегазации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хохлов И.В. Сдвигение и проницаемость подработанной толщи горных пород – М.: Недра, 1980. – 174 с.
2. Казаковский Д.А. Сдвигение земной поверхности под влиянием горных разработок - М. - Харьков, Углетехиздат, 1953.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Донецком угольном бассейне - М.: МУП СССР, 1972. - .
4. Сдвигение горных пород и земной поверхности при подземных разработках / Под общей ред. Букринского В.А., Орлова Г.В. М.: Недра, 1984. - 274 с.
5. Иофис М.А., Шмелев А.И. Инженерная геомеханика при подземных разработках – М.: Недра, 1985. – 248 с.
6. Четверик М.С, Андросук Е.А. Теория сдвигения массива горных пород и управления деформированными процессами при подземной выемке угля. – Днепропетровск.: РИА «Днепр-VAL», 2004. – 148 с.
7. Усаченко Б.И., Булат А.Ф., Хохолов В.К., Приходченко В.Л. Исследования процесса разрушения горных пород методом регистрации акустической и электромагнитной эмиссии. // Интенсификация процессов разрушения горных пород: Сб. науч. тр. – К.: Наук. думка, 1986.- С. 110-112.
8. Булат А.Ф., Хохолов В.К., Иванов В.С. Оценка напряженно-деформируемого состояния горного массива методом сейсмоакустического последействия // Уголь Украины, 1988. - №2.- С. 31-32.

УДК 622.794

Б.Ф. Бевзенко (ОАО „ВАОК”),
А.Д. Полулях, д-р техн. наук, Д.А. Полулях
(„УкрНИИУглеобогащение”)

ГРАНИЧНОЕ ВОДОСОДЕРЖАНИЕ УГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ

Наведені дані розрахунку межового водовмісту вугільних суспензій, після якого її тверда фаза переходить з завислого стану у скаладений.

BOUNDARY WATER ABOUT THE CONTENTS COAL SUSPENSION

There're given data of account boundary water about the contents coal suspension, after which its firm phase passes from a trailing condition to combine

Качественно-количественная характеристика реологических свойств угольных суспензий, в основном, определяется содержанием в ней твердой фазой и гранулометрическим составом последней [1, 2]. С увеличением концентрации суспензии расстояние между частицами и их агрегатами уменьшается настолько, что возникают силы трения при их относительном перемещении, которые выражаются в увеличении статического напряжения сдвига и снижении текучести суспензии. При этом, частицы и образовавшиеся агрегаты частиц переходят из взвешенного (суспензия) в сложенное (зернистая среда) состояние. При таком переходе наблюдается резкое изменение реологических свойств суспензии [3, 4]. В результате вышеизложенного, граничным водосодержанием следует считать то, при котором образовавшиеся агрегаты приходят в соприкосновение друг с другом. Исходя из того, что при предельно высоком содержании твердого, плотность агрегатов наибольшая и отвечает укладке частиц при данном ситовом составе зернистой среды и, что распределение агрегатов по размерам аналогично распределению частиц, нетрудно определить граничное водосодержание.

При граничном водосодержании объем межагрегатной жидкости в 1 м³ суспензии составит