

давлении на периферию с возникающим «мостовым» эффектом, что приводит в обоих случаях к повышенному износу протектора в этих зонах [2]. Актуальность решения данной проблемы обусловлена большой долей эксплуатационных затрат на шины в себестоимости транспортировки большегрузными автосамосвалами.

Одним из эффективных способов сокращения затрат при использовании крупногабаритных шин, может являться постоянный контроль (мониторинг) за их эксплуатационными характеристиками в рабочем состоянии. Для этого используются СКД (Системы контроля давления), которые своевременно сигнализируют о пониженном или повышенном давлении в шине, относительно установленной паспортом нормы, что позволяет предотвратить аварийные ситуации и уменьшить износ, а также и повысить ходимость исключив «недопробег». СКД достаточно просты в эксплуатации и состоят из датчиков и монитора. Датчик содержит в себе преобразователь давления в напряжение, схему обработки этого сигнала и передатчик, который в закодированном виде передает по радиоканалу информацию о давлении в шине на приемник монитора который находится в кабине водителя. Монитор принимает сигналы от датчиков, обрабатывает их и при падении давления воздуха в одной или нескольких шинах ниже порогового уровня немедленно выдает световой и звуковой сигнал неисправности с одновременной индикацией положения этих шин миганием красного сигнала [3]. К основным достоинствам такого решения можно отнести: отсутствие необходимости демонтажа шин при установке системы, наличие двух уровней предупредительного сигнала при снижении давления на 12,5% и 25% соответственно, возможность измерения давления на ходу, высокая стабильность и надежность работы.

Одним из положительных примеров внедрения СКД для большегрузных автосамосвалов является Ковдорский ГОК, где на основе системы Advantage Pressure Pro в шины автосамосвалов БелАЗ-75131 с грузоподъемностью 130 т. были установлены датчики давления. Анализ года эксплуатации машин с установленной системой СКД показал, что полностью были исключены случаи потери шин по разрушению каркаса при движении на пониженном давлении, уменьшилось количество аварийных остановок и повысилась безопасность транспортирования, средний пробег шин за год увеличился более чем на 6% с 91457 до 97032 км. Опыт внедрения СКД на других предприятиях (ОАО «Гранит-Кузнечное» и пр.) также подтверждает уменьшение износа и повышение ходимости крупногабаритных шин на автосамосвалах.

Вывод. На данный момент контроль за давлением в шинах актуален и целесообразен к внедрению в производство. Успешный опыт использования СКД на большегрузных самосвалах позволяет утверждать, что они будут надежно работать на любой крупногабаритной технике. Также следует рассматривать включения данных систем в заводскую комплектацию автосамосвалов.

Список использованных источников

1. Авдонькин Ф.Н. Текущий ремонт автомобилей / Ф.Н. Авдонькин. – М.: Транспорт, 1978. – 269 с.
2. Долгушин А.А., Черкасов А.Б. Оценка эффективности шин автомобилей.
3. <http://www.sotekom.ru/content/skd-sistema-kontrolya-davleniya-v-shinah>

УДК 622.235

К ВОПРОСУ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАЗРУШЕННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ НА КАРЬЕРАХ

*Рядинский Д.Э., Яковлев А.А., Молдован Д.В.
Санкт-Петербургский горный университет*

Аннотация. В работе рассмотрены различные известные методы повышения качества взорванной горной массы: использование пеногелевых забоек и концентратора ударных волн. Представлена схематическая конструкция скважинных зарядов, приведены: таблица характеристик запирающих свойств забойки, таблица влияния расположения КУВ в донной части заряда на интенсивность взрывного разрушения горных пород, а также график изменения амплитуды импульса напряжений и график зависимости остаточной запыленности в камере от объема и кратности и рисунки рассматриваемых характеристик. Описаны методики лабораторных и экспериментальных испытаний, проводимых на территории РФ.

Проблема качества подготовки горной массы на карьерах строительных материалов для дальнейшей экскавации и переработки на дробильно-сортировочном заводе по сей день остается острой проблемой. Данная задача может быть решена различными подходами, одним из которых является подбор параметров буровзрывных работ для различных условий месторождений.

Проведены исследования по влиянию забойки на время воздействия взрыва на горный массив и влияние КУВ на интенсивность взрывного разрушения горных пород, а также на качество куска взорванного горного массива. В статье исследована забойка на основе пеногелеобразующих составов. Для определения влияния забойки на формирование пылегазового облака проведена серия экспериментальных взрывов с забойкой из буровой мелочи в сравнении с предлагаемой конструкцией заряда с пеногелевой забойкой, построен график зависимости остаточной пыли в камере от объема и кратности пеногеля. Проведен сравнительный анализ зарядов с КУВ в нижней части скважины.

Одним из факторов, определяющих условия и эффективность взрыва скважины, является забойка. Забойка играет важную роль во взрыве, она обеспечивает полноту детонации взрывчатого вещества, а, следовательно, высвобождение наибольшего количества энергии заряда взрыва. С этими параметрами увеличивается длительность импульса взрыва, а также предотвращается опасное рассеяние кусков горных пород взрывчатыми газами при их прохождении через устье скважины.

Взрыв скважинного заряда без утрамбовки при постоянном значении удельного расхода взрывчатого вещества, влечет за собой некачественную проработку подошвы уступа, а с верхней части уступа возможен выход негабарита. Поскольку устье скважины подвергается интенсивному разрушению, что способствует высвобождению газов из скважины (рис. 1а). При твердой забойке отсутствует интенсивное разрушение устья скважины и разрушенных участков на уровне уступа, подошва и в верхней части уступа, как это бывает при отсутствии забойки (рис. 1б). Забойка должна иметь небольшую длину, находиться у устья скважины и крепко фиксировать скважину до разрушения массива. Таким образом, в настоящее время для повышения полезного использования энергии взрыва наиболее приемлемой является такая забойка, которая при минимальных материальных и трудовых затратах производства обеспечивает максимальную прибыль, за счет высокой эффективности взрыва [1].

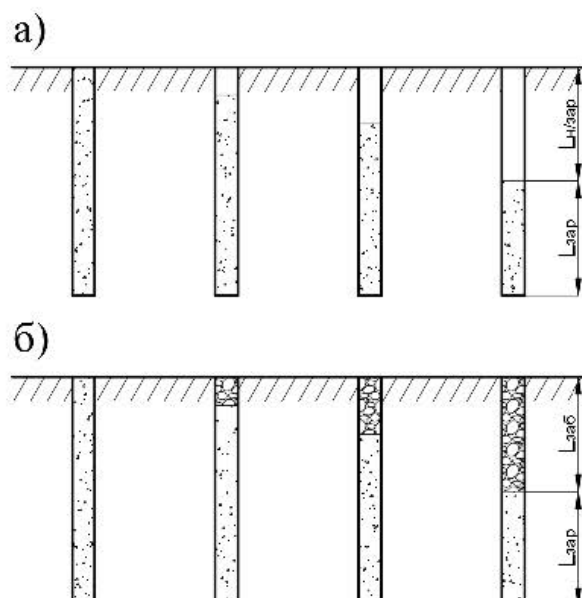


Рисунок 1 – а) скважина без забойки, б) скважина с забойкой

Буровзрывные работы являются одним из основных источников вредных выбросов в открытой геотехнологии. Доля массовых взрывов составляет до 35% от общей массы загрязняющих веществ, оказывающих негативное влияние на окружающую среду. Для разрезов Южного

Кузбасса этот факт особенно важен. Воздействие взрыва представляет собой сложный, нестационарный процесс, продолжительность которого исчисляется в тысячных долях секунды в массиве и в минутах, когда пылевое и газовое облака рассеиваются в атмосфере и неопределенно длительное время наносят ущерб гидросфере. Рост качества пескоструйной обработки предполагает не только дробление массива в соответствии с требованиями применяемой технологии, но и обеспечение максимального снижения загрязнения атмосферы разреза. Вместе с изменением конструкции взрывчатого заряда, общими предпосылками повышения эффективности использования энергии взрыва являются усиление запирающего действия забойки. Для достижения нужного качества дробления горной массы при одновременном снижении пылегазовых выбросов при взрывных работах одним из технологически целесообразных и экономически обоснованных методов является использование многокомпонентных смесей низкой плотности, в том числе пеногелеобразующих материалов. Известно, что размещенная во взрывной скважине в виде интервала, рассеивающего заряд по длине, пузырьковая среда растягивает импульс взрыва, создавая оптимальные условия для распределения энергии взрыва в массиве. Более интенсивное затухание массовой скорости его частиц по сравнению с массовой скоростью частиц горной массы способствует сжатию канала скважины, а способность сжимать пузырьковые смеси увеличивает время воздействия ПД на массив, обеспечивая увеличение удельного импульса, а, следовательно, и более равномерное дробление [2]. Для приготовления пены используется 1,5-3,0% водные растворы пеногелеобразующих веществ. Содержание жидкости в пеногелевой забойке определяет ее пылеподавляющие свойства. Пена вместе с пылегазовыми продуктами взрыва выделяется в атмосферу в виде мелких капелек и пузырьков, которые являются центрами коагуляции пыли и нейтрализации ядовитых газов. По сравнению с гидрогелями и водой преимущество пеногеля заключается в том, что даже при равных результатах снижения концентрации вредных примесей необходимое количество компонентов для приготовления забойки при пятикратном вспенивании, уменьшается в такое же количество раз.

По результатам промышленных взрывов с твердой забойкой, гидрозабойкой, твердыми пористыми материалами, пенообразующими веществами и взрывами без забойки в породах средней прочности установлена зависимость среднего диаметра куска на поверхности обрушения от объемного содержания воздуха в материале, заполняющем неактивную часть скважины. Аппроксимация зависимости (полиномиальная зависимость с точностью 0,87) свидетельствует о наличии минимальных значений функции $d_{cp} = F(\alpha_1)$ при содержании воздуха $\alpha_1 = 0,6+0,7$ дол. ед. в материале забойки низкой плотности.

Единственным возможным объяснением влияния пористых забоек низкой плотности на гранулометрический состав взорванной горной массы, размер пылевого и газового облака и наличие воронки выброса в местах расположения скважин может быть только пережатие скважин на уровне забоя [2].

Критерием запирающего действия забойки продуктов взрыва является разница времени между срабатыванием заряда и раскрытием неразрушимой оболочки для газообразных продуктов детонации (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики запирающих свойств материалов забойки

Материал забойки	Среднее время задержки продуктов взрыва (ПД), t
Без забойки	0,8
Песок	1,18
Щебень	1,25
Вода	1,37
Пеногель кратностью:	
2,5-3,5	2,31
5,0-6,0	2,41
9,0-11,0	2,55

Для определения влияния забойки на формирование пылегазового облака при взрыве песчаников средней прочности $f = 6-8$ проведена серия экспериментальных взрывов с забойкой буровой мелочи по сравнению с предложенной конструкцией заряда с пеногелевой забойкой (рис. 2).

Целью эксперимента является оценка влияния предлагаемой конструкции пеногель забойки на качество подготовки горной массы.

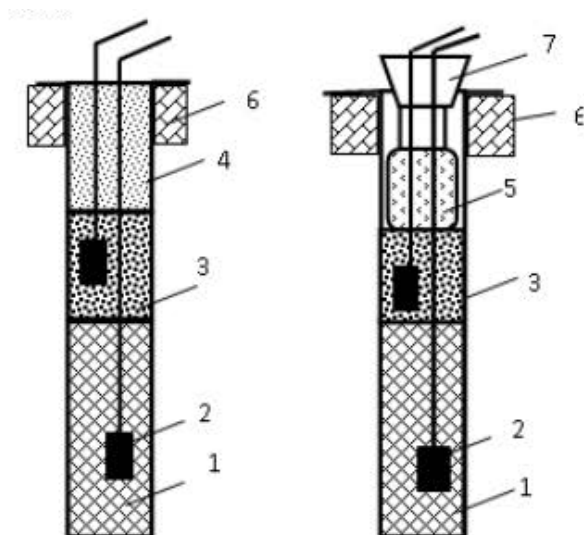


Рисунок 2 – Конструкции скважинных зарядов: *а* – с буровой мелочью; *б* – с пеногелевой забойкой; 1 – заряд эмульгатора ППВ-В; 2 – шашка; 3 – заряд гранулята ПС-2; 4 – буровая мелочь; 5 – пеногель в рукаве; 6 – зона интенсивной трещиноватости массива; 7 – воронка с рукавом

В результате экспериментов было установлено, что высота подъема ПГО в твердой забойке достигает 70-100 м, что в 1,7-2,0 раза выше, чем в пеногелевой забойке. Значение удельной массы пыли, осевшей в 50 м от взрыва при забойке с пеногелем, составляет более чем 94% всей мелкодисперсной пыли (<250 мкм), при твердой забойке это расстояние достигает 90 м. Параметры развала горной массы были измерены на основе наблюдений за состоянием 4-ех кювет, установленных перпендикулярно склону взрывного уступа, в средней части, на расстоянии 5 м одна от другой. На блоке, взрывающемся твердой забойкой все кюветы были повреждены падающими кусками породы, на блоке с пеногелевой забойкой были повреждены только две кюветы, находившиеся рядом с развалом. Таким образом, массовое рассеяние кусков породы составило на первом блоке 20 м, на втором блоке 10 м. Фотопланы с измерительной лентой позволили оценить качество дробления породы. Размер максимальных кусков составил около 1,2 м при взрывах с твердой забойкой, в то время как средний диаметр кусков породы на поверхности обрушения составлял 0,7 м, а на блоках с пеногелевой забойкой 1,0 м и 0,6 м соответственно.

Исследования пылеподавляющих свойств пеногелевой забойки проводились с определением остаточного содержания пыли в воздухе во взрывной камере (тоннеле) с использованием канальной мортиры. В качестве забоечного материала проверялись вода и пеногель в отношении 2.0 – 11.0. Были проведены две серии экспериментов, в том числе при равных объемах пеногелевой и водной забоек (150, 200 и 300 см³). Из анализа результатов, представленных на графиках (рис. 3) видно, что использование воды в качестве забойки в объеме 150, 200, 300 см³ позволяет снизить содержание пыли в воздухе соответственно на 50, 60, 75% (кривые 2, 4, 6). Пеногелевая забойка с кратностью 2.5-3.5 в тех же объемах позволяет снизить содержание пыли на 47, 63 и 71%, соответственно (кривая 1). В случае, когда масса водной и пеногелевой забоек были одинаковыми, было установлено явное преимущество пеногелевой забойки (кривые 3, 7) [8].

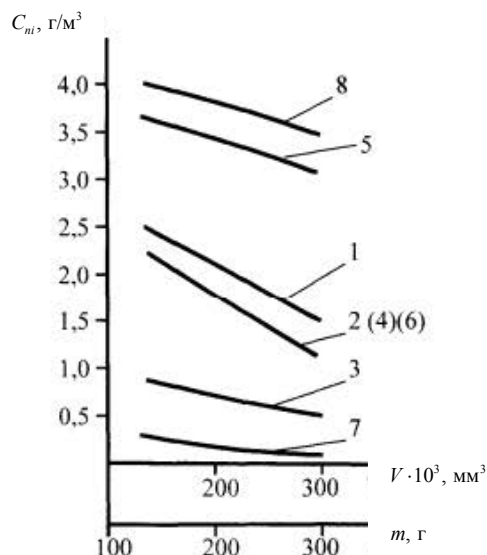


Рисунок 3 – Зависимость остаточной запыленности в камере от объема и кратности пеногеля:
 1 – пеногель Кп=2-3; 2, 4, 6 – вода (при равном пеногелю объеме); 3 – пеногель Кп=2-3 (по массе);
 5 – пеногель Кп=5-6 (по объему); 7 – пеногель Кп=5-6 (по массе); 8 – пеногель Кп=9-10 (по объему)

Результаты измерения амплитуды импульса и скорости продольной волны представлены на (рис. 4.) Анализ графиков показывает, что радиальные напряжения на относительном расстоянии 36 г₀, выраженном в радиусах заряда, в зависимости от размера ребра модели увеличиваются практически прямо пропорционально, однако пеногелевая забойка увеличивает напряжения на 5-8% по сравнению с твердой забойкой.

Аналогичный характер имеет и изменение скорости продольной волны, которая от материала забойки явно не зависит. Отсюда следует, что улучшение дробления моделей зарядами с забойкой из низкоплотных материалов при одинаковой величине взрывного импульса объясняется продолжительностью действия продуктов взрыва за счет перераспределения его энергии [7].

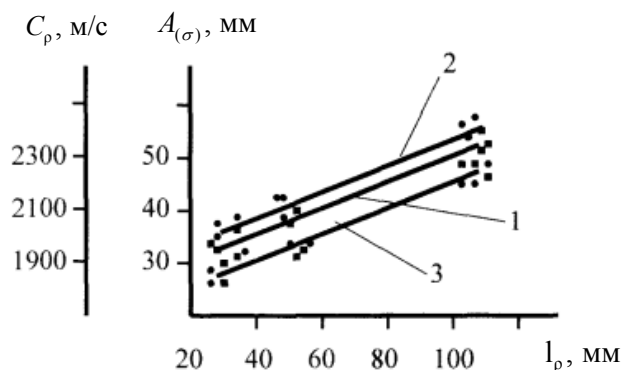


Рисунок 4 – Изменение амплитуды импульса напряжений (1 – с твердой забойкой; 2 – с пеногелевой забойкой) и скорости продольной волны (3) в зависимости от размера ребра элемента модели: ■ – с твердой забойкой; • – с забойкой из низкоплотных материалов

Многие теоретические и лабораторные исследования показывают, что форма дна заряда оказывает значительное влияние на поверхность и уровень подошвы уступа после взрыва. Различные формы нижней части предлагается выполнять с использованием так называемых концентраторов ударных волн (КУВ). При определенных геометрических параметрах увеличивается зона повышенной динамической нагрузки на дно скважины и уменьшается влияние отраженной ударной волны на дно скважины. Таким образом, используя полученные результаты, можно предложить зарядовую структуру, в которой КУВ (выполненный, например, из бетона) располагается на дне скважины. Это позволит сократить количество буровых скважинных зарядов, достичь расчетного уровня подошв уступа и обеспечить правильное

распределение размеров частиц взорванной массы. Для оценки эффективности использования КУВ в производственной среде были проведены исследования по карьере Полтавского ГОКа (г. Комсомольск.) [4] параметры буровзрывных работ, применяемых в промышленных экспериментах: сетка – 6х6 м, глубина – 14м, диаметр скважин – 0,25 м; тип взрывчатого вещества (ВВ)-Полимикс, анемика, удельный расход взрывчатых веществ – 0,83 кг/м³. Промышленные исследования проводились путем сравнения результатов взрывов скважинных зарядов твердой конструкции и зарядов с КУВ на дне скважины, взрывающихся на одном и том же блоке. Критерием оценки эффективности исследуемых конструкций являлись интенсивность дробления горной массы и качество исследования подошвы уступа. Качество фрагментации оценивали по гранулометрическому составу и диаметру среднего куса разрушенных пород (фотополяриметрический метод), исследование подошв уступа определяли геодезической съемкой уступа после взрыва.

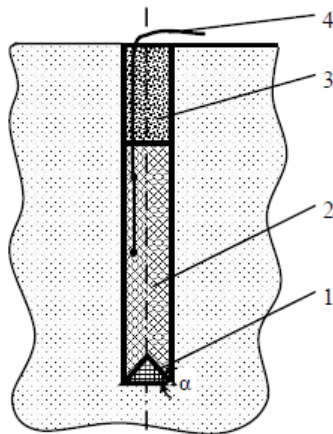


Рисунок 5 – Конструкция скважинного заряда

Технология заряжания скважин на опытном участке была следующей: вначале на дно скважины на веревке опустили КУВ (рис. 5, поз. 1), $\alpha=45^\circ$, после чего зеркалом и отраженным светом контролировали его положение, затем скважина была заполнена 30-50 кг взрывчатки, опускали боевики (рис. 5, поз. 4) и заряжали оставшуюся массу взрывчатых веществ (рис. 5, поз. 2), а сверху засыпали забойку (рис. 5, поз. 3). После уборки горной массы на блоке маркшейдерская группа выполняла геодезическую съемку. Анализ полученных результатов показал, что использование зарядовой структуры, в нижней части которой расположен КУВ, приводит к занижению подошвы уступа на 80-85 см (по сравнению с контрольной секцией, в которой используются обычные твердые заряды). Результаты экспериментов также показали, что расположение в нижней части скважины КУВ оказывает влияние на интенсивность взрывного разрушения горных пород: диаметр среднего куса при использовании этих расходов уменьшается на 8,2%; выход средних фракций (100-400 мм) увеличивается на 20%, а выход крупных фракций (свыше 400 мм) уменьшается на 20% (табл. 2). Теоретические и лабораторные исследования показали, что, изменяя угол у основания конических КУВ, можно регулировать дробление породы. Для проверки полученных результатов экспериментальные взрывы проводились с использованием зарядов с КУВ в нижней части скважины, угол α изменялся в диапазоне от 20° до 45° (табл. 3). Результаты экспериментов показали, что диаметр среднего куса несколько уменьшался (на 3,6%) при использовании зарядов с КУВ ($\alpha=20^\circ$), расположенных в нижней части скважины. При использовании зарядов с КУВ ($\alpha=30^\circ$), уменьшение диаметра среднего куса составила почти 13% по сравнению с контрольным участком (по сравнению с участком, на котором использовался заряд с КУВ ($\alpha=45^\circ$), снижение составило 5,8%), большие (больше чем 400мм) фракций уменьшилось в 1,4 раза, а выход средних фракций увеличился в 1,3 раза. Проведенные эксперименты показали, что использование зарядов с КУВ в донной части позволяет повысить степень разрушения горных пород взрывом. Поэтому можно добиться такого же качества взрывного разрушения, одновременно увеличивая сетку скважин. В ходе этих экспериментов расстояние между скважинами изменялось с шагом 0,25 м [5].

Таблица 2 – Влияние расположения КУВ в донной части заряда на интенсивность взрывного разрушения горных пород

Участок	Процентное содержание фракции, мм						Диаметр среднего куска, мм
	0-100	100-200	200-400	400-600	600-800	>800	
Контрольный	7,3	333,2	31,8	20,4	11,1	1,4	333,2
Опытный	7,9	305,9	32,9	17,3	9,8	-	305,9

Таблица 3 – Влияние параметров КУВ в донной части заряда на интенсивность взрывного разрушения горных пород

Участок	Процентное содержание фракции, мм						Диаметр среднего куска, мм
	0-100	100-200	200-400	400-600	600-800	>800	
Контрольный	8,1	26,9	29,2	22,2	12,1	1,5	341,3
Опытный ($a = 20^0$)	8,1	27,4	31,3	21,9	10,5	0,8	328,9
Опытный ($a = 30^0$)	7,8	33,4	33,8	16,5	8,5	-	297,4
Опытный ($a = 45^0$)	8,0	30,8	31,4	19,2	10,1	0,5	315,6

Таблица 4 – Влияние параметров сетки скважин на изменение гранулометрического состава разрушенной горной массы

Участок	Процентное содержание фракции, мм						Диаметр среднего куска, мм
	0-100	100-200	200-400	400-600	600-800	>800	
6x6 (контрольный)	8,1	26,9	29,2	22,2	12,1	1,5	341,3
6,25x6,25 (опытный)	8,1	27,4	31,3	21,9	10,5	0,8	328,9
6,5x6,5 (опытный)	7,8	33,4	33,8	16,5	8,5	-	297,4

Анализ полученных результатов показал (табл. 4), что при использовании зарядов с КУВ в донной части возможно расширение сетки скважин с 6x6м до 6,25x6,25м (на 8%) без ухудшения дробления и качества проработки подошвы уступа.

Выводы. Использование забойки позволяет увеличить время воздействия взрыва на горный массив, за счет запирающего действия, не меняя при этом конструкции заряда, но для того, чтобы добиться лучшего качества куска взорванной горной массы предлагается использовать скважинные заряды с КУВ в донной части. За счет регулирования динамического воздействия на нижние слои взрываеваемого массива они позволяют без ухудшения качества проработки подошвы уступа снизить величину перебура в 1,7 раза, на 8-12% уменьшить диаметр среднего куска разрушенной горной массы и в 1,7 раза уменьшить выход негабарита.

Список использованных источников

1. Мурин К.М. Забойка, как фактор повышения эффективности и безопасности ведения взрывных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011. – №4. – С. 390-395.
2. Катанов И.Б. Пеногелевая забойка взрывных скважин на открытых горных работах // Уголь, 1994. – №2. – С. 44-46.
3. Катанов И.Б. Полигонные исследования эффективности скважных зарядов с пеногелевой забойкой // Вести Кузбасс. гос. тех. ун-та, 2006. – №3. – С. 26-27.
4. Пеев А.М. Влияние формы заряда в донной части шнура на степень проработки подошвы уступа // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип.1/2004(24). – С. 63-64.
5. Воробьев В.В., Пеев А.М., Щетинин В.Т. Снижение динамического воздействия ударных волн на материал забойки скважинного заряда // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 6/2004(29). – С. 124-126.

6. Мельников Н.В., Марченко Л.Н. Энергия взрыва и конструкция заряда. – М.: Недра, 1964. – 132 с.
7. Петров Н.Г., Мальцев С.П. Исследования параметров буровзрывных работ на моделях из эквивалентных материалов для условий Читаурского месторождения марганца. В сб. Взрывное дело № 67/24. – М.: Недра, 1969. – С. 77-82.
8. Барон Л.И., Личели Г.П. Трещиноватость горных пород при взрывной отбойке. – М.: Недра, 1966.

УДК 629.124

ЛЕДОКОЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Себин А.С.

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Холодный суровый климат, обусловленный географическим положением Российской Федерации, определил бурное развитие ледокольной техники в нашей стране. Поиск разнообразных технических решений, которые позволили бы продлить навигацию в зимний период, плавать в северных морях, бороться с весенними заторами на реках насчитывает уже более 200 лет. Однако, опыт разрушения льда с помощью судов на воздушной подушке (СВП) достаточно небольшой.

Эффект разрушения льда от воздействия СВП был известен достаточно давно и наблюдался при испытаниях в зимний период. Например, известно разрушение сплошного льда при испытаниях в СССР СВП «Сормович» и «Радуга», однако в то время этому явлению не уделили должного внимания [1]. Первые целенаправленные опыты по разрушению сплошного льда СВП были проведены в Канаде в 1970-х годах: СВП «Н-119» ломало лёд толщиной до 23 см, а «Вояджер» (рисунок 1), двигаясь со скоростью 2,6 м/с, разрушал лёд толщиной до 26 см и частично очищал канал ото льда [3].

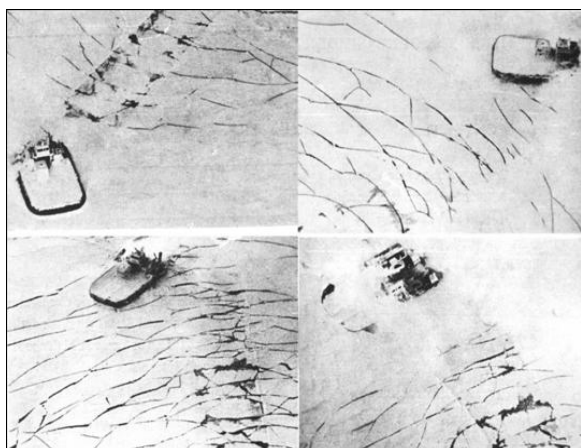


Рисунок 1 – Разрушение льда СВП «Вояджер»

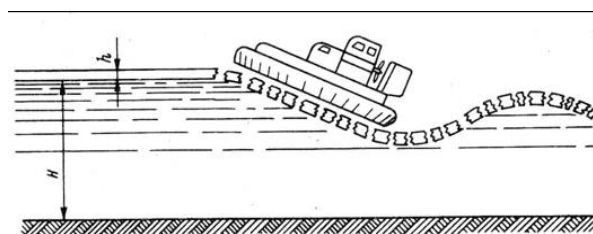


Рисунок 2 – Схема разрушения льда СВП резонансным способом [3]

Принципиально разрушение ледяного покрова СВП может происходить двумя различными способами: давлением («низкоскоростной способ») и при помощи резонанса («высокоскоростной способ»).

Разрушение ледяного покрова резонансным способом может производиться любым транспортным средством, приспособленным для передвижения по льду, но больше всего для этих целей подходят амфибийные СВП. В этом случае при движении по льду нагрузки развивается система изгибно-гравитационных волн. Впервые это явление было замечено при эксплуатации «дороги жизни» в годы ВОВ: грузовики при движении с определённой скоростью начинали проваливаться под лёд. Связано это с тем, что при приближении скорости движущейся нагрузки (приложенной к ледяному покрову) к минимальной фазовой скорости изгибных колебаний флотирующей ледяной пластины возникает изгибно-гравитационный резонанс [3], амплитуды колебаний ледяного покрова возрастают, и лёд начинает разрушаться (рисунок 2).