



100 км/ч. В 2003 г. предусмотрено проведение динамико-прочностных испытаний рельсового пути со скреплением типа КПП-5 при скоростях движения до 140-160 км/ч.

По результатам предварительного анализа результатов экспериментальных и промышленных исследований, получено, что перспективным является упругое бесподкладочное промежуточное скрепление типа КПП-5. В результате внедрения этого скрепления предусматривается увеличение скоростей движения поездов до 140-160 км/ч, расширение области применения при увеличенных грузопотоках смешанного грузового и пассажирского движения поездов до 75 млн.т брутто, а также снижение эксплуатационных расходов на текущее содержание и ремонт рельсового пути, в особенности для бесстыковых участков пути увеличенной длины.

УДК 622.235.2

Джос В.Ф., Филь В.И.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ БЛОЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГИЕЙ ВЗРЫВА

У статті розглянуті наслідки досліджень дії вибуху різних конструкцій зарядів у блокових моделях з еквівалентних матеріалів. Узагальнені результати руйнування моделей і встановлені ефективні конструкції зарядів для подібнення блокових середовищ.

## LABORATORY RESEARCHES OF DESTRUCTION OF UNITIZED MODELS BY ENERGY OF EXPLOSION.

The article is dedicated to outcomes of researches of a blast action of different constructions of charges in unitized models from equivalent stuffs. The data of outcomes of destruction of models are adduced and the estimation (rate) of the most effective constructions of charges is given.

Анализ современных исследований по взрывному разрушению блочных сред показал, что основную роль по дроблению в указанных условиях играют волны напряжений, вызванные действием взрыва, и вспомогательную – газообразные продукты детонации ВВ. Ухудшение качества дробления блочных сред предопределяется локализацией волн напряжений в пределах отдельного объема, ограниченного

системой трещин, и снижения полезной работы газообразных продуктов разложения ВВ ввиду утечки их через системы трещины.

Исследования эффективности конкретных способов взрывания блочных сред в промышленных условиях весьма затруднительно, поэтому возрастает роль лабораторного эксперимента, позволяющего с меньшими затратами и оперативно изучать механизм процесса взрывного разрушения блочных моделей.

В настоящей статье рассматриваются малоизученные вопросы влияния конструкции зарядов ВВ (расположенные относительно системы трещин и порядок инициирования) на интенсивность дробления блочных и сплошных сред. При проведении экспериментов были использованы сплошные и составные песчано-цементные модели кубической формы. Размер ребра модели – 90 мм, а размер отдельных кубиков составных моделей (всего их 27) составлял 30 мм в ребре.

Прочность материала модели на одноосное сжатие составляла  $\tau_{сж} = 21,8$  МПа, скорость продольной волны напряжения при плотности материала  $\rho = 1,38$  г/см<sup>3</sup> –  $V_0 = 2600$  м/с.

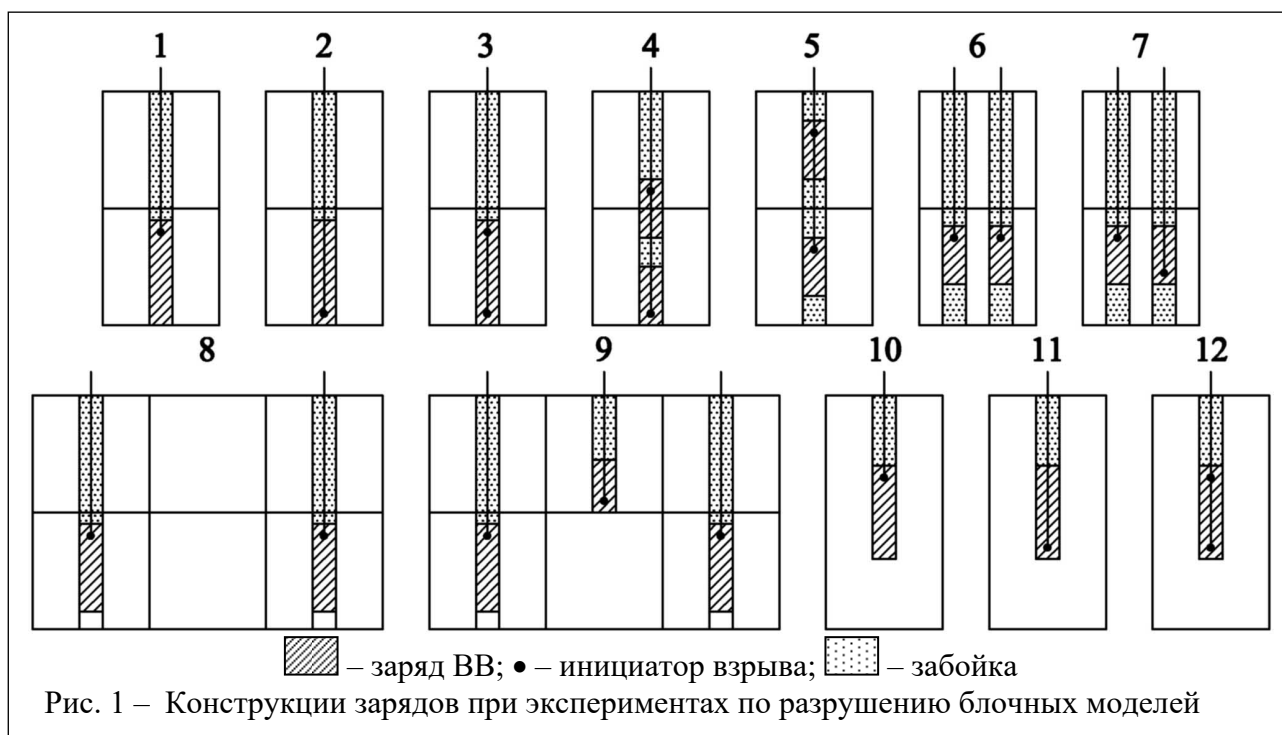
Составные модели из отдельных блоков склеивались расплавленной канифолью, чем достигалась идентичность состояния модели при ее взрывном разрушении, а соответственно, и возможность сопоставления результатов эксперимента.

Поверхность склеивания отдельных блоков модели канифолью на порядок ниже, чем у материала модели, имитировала основную систему трещин, раскрытие которых происходило при незначительном взрывном нагружении.

В отдельных блоках модели просверливали шпуры диаметром 3,5 и 5 мм и глубиной 30 и 60 мм в зависимости от конкретной задачи постановки эксперимента. В шпурах размещали заряд ВВ общей массой 250 мг, которая во всех экспериментах оставалась постоянной.

Известно, что наличие любых искусственно созданных полостей в материале моделей приводит к ее прочностному ослаблению. В этой связи, были проведены эксперименты по определению прочностных свойств материала составной модели на одноосное сжатие, в которой были просверлены шнуры диаметром 5 мм, во второй модели были просверлены два шнура, по диаметру 3,5 мм каждый. Глубина шнуров во всех случаях оставалась измененной.

Было установлено, что замена шнура диаметром 5 мм на два шнура диаметром по 3,5 мм каждый не отразилась на конечных ре-



зультатах экспериментов, и поэтому для парных зарядов был принят диаметр равный 3,5 мм.

В процессе экспериментов с составными моделями инициирование зарядов ВВ (тэн) осуществлялось мостиком накаливания от источника тока.

Забойка шпуров с зарядами ВВ осуществлялась песком фракции  $0 \div 0,25$  мм.

Согласно методике эксперимента составную модель размещали во взрывной камере и засыпали песком.

После производства взрыва и разрушения модели песок отсеивался.

Общий вид части модели (в разрезе) с зарядом различной конструкции и с разными вариантами расположения точек инициирования зарядов приведен на рис. 1,

где 1 – одиночный цилиндрический заряд ВВ, инициируемый «сверху»;

2 – одиночный заряд ВВ, инициируемый «снизу»;

3 – одиночный заряд ВВ, инициируемый одновременно «сверху» и «снизу» («встречное инициирование»);

4 – заряд ВВ, рассредоточенный воздушным промежутком на две равные части, одна из которых (верхняя) расположена на стыке двух блоков, а вторая (нижняя) – в нижнем блоке;

5 – заряд ВВ, рассредоточенный воздушным промежутком на две равные части, размещенные в центральной части двух

смежных по высоте блоках;

6 – парносближенные удлиненные заряды ВВ, одновременно инициируемые «сверху»;

7 – парносближенные удлиненные заряды ВВ с разнонаправленным инициированием в смежных зарядах;

8 – парные удлиненные заряды ВВ, разделенные системой вертикальных трещин составной модели;

9 – парные удлиненные заряды ВВ, разделенные системой вертикальных трещин составной модели с дополнительным укороченным зарядом ВВ между ними;

10 – одиночный удлиненный заряд ВВ в сплошной модели с «верхним» инициированием;

11 – одиночный удлиненный заряд ВВ в сплошной модели с «нижним» инициированием;

12 – одиночный удлиненный заряд ВВ в сложной модели со «встречным» инициированием.

Обработка результатов разрушения (дробления) материала составных и сплошных моделей осуществлялась методом ситового анализа. Эффективность конкретного метода взрывания оценивалась по диаметру среднего куска ( $d_{cp}$ , см) и по величине вновь образованной поверхности ( $S_n$ , см<sup>2</sup>).

Сопоставление результатов экспериментов производилось с учетом структуры моделей, конструкции зарядов, расположения точек инициирования зарядов. Были проанализированы 5 вариантов эксперимента: группа моделей 1-3, 4-5, 6-7, 8-9 и 10-12.

Численные значения результатов исследований приведены в табл. 1, из которых можно сделать следующие выводы.

Таблица 1 – Влияние конструкции зарядов и схем их инициирования на интенсивность дробления составных (1-9) и сплошных (10-12 моделей)

| Номер эксперимента модели                              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|--------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Показатель интенсивности дробления модели              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Диаметр среднего куска, $d_{cp}$ , см                  | 2,83 | 2,38 | 2,26 | 2,89 | 2,22 | 2,69 | 2,31 | 2,11 | 1,89 | 2,31 | 1,92 | 1,78 |
| Вновь образованная поверхность $S_n$ , см <sup>2</sup> | 5082 | 6130 | 6420 | 4217 | 6096 | 6525 | 6731 | 6933 | 7102 | 6283 | 7401 | 7934 |

Выбор точки инициирования заряда при дроблении блочных сред имеет, существенное значение для использования энергии взрыва на полезную работу, так в случае «нижнего» инициирования заряда (рис. 1, позиция 2) средний диаметр куска уменьшается на 16 % по сравнению со средним куском раздробленной модели, полученном при «верхнем» инициировании заряда. Переход же на «встречное» инициирование сплошного заряда ВВ еще больше повышает интенсивность дробления модели в сравнении с «верхним» инициированием заряда.

Аналогичная картина наблюдается при рассмотренных схемах инициирования удлиненных зарядов и при разрушении сплошных моделей (рис. 1, позиции 10-12). Отметим при этом абсолютные значения степени дробления модели (сплошной) значительно лучше, чем при разрушении блочных моделей.

Оценивая эффективность дробления моделей в зависимости от схемы инициирования по вновь образованной поверхности можно констатировать: лучшим является вариант «встречного» инициирования, который обеспечивает улучшение дробления модели по сравнению с «верхним» инициированием (вновь образованная поверхность возрастает на 26 %).

Объяснением сказанному служит то, что при «нижнем», и особенно при «встречном» инициировании удлиненных зарядов ВВ продукты детонации как бы «запираются» в скважине (взрывной полости) и таким образом максимально (во времени) действуют на среду, повышая степень использования взрыва на полезную работу (дробление).

Рассредоточением заряда на две равные части воздушным промежутком и размещение их в двух вариантах: 1) одна из частей заряда находится на стыке двух смежных блоков (рис. 1, поз.4) , а вторая часть заряда – в блоке; 2) каждая из частей рассредоточенного заряда ВВ находится в центральной части двух смежных по высоте модели блоков (рис. 1, поз.5) приводит к изменению интенсивности дробления модели. В частности, при втором варианте улучшается дробление: средний диаметр куска уменьшается на 23 %, а вновь образованная поверхность на 44 %. Отметим, что увеличение величины вновь образованной поверхности произошло в основном не за счет переизмельчения фракции  $d_i = 0,025$  см, а за счет фракций  $d_i = 0,075$  см и  $d_i = 0,15$  см, то есть мы имеем более равномерное дробление материала модели.

Использование парносближенных зарядов ВВ в составных моделях с верхним инициированием обоих зарядов (рис.1, поз. 6) обеспечивает, при сохранении неизменным удельного расхода ВВ, улучшение дробления материала модели. Если при взрывании одиночного заряда по схеме «сверху» (рис. 1, поз.1) средний диаметр куска составил 2,89 см (см. табл. 1) то в данном случае его значение уменьшилось до 2,69 см (на 5 %). Вновь образованная поверхность увеличилась на 28 %.

В то же время, использование в данном варианте «разнонаправленного» инициирования в смежных удлиненных зарядах ВВ (рис. 1, поз. 7) привело к более ощутимому улучшению дробления материала модели. В частности, средний диаметр куска по сравнению с «верхним» инициированием парносближенных зарядов уменьшился на 14 %; возросла и величина вновь образованной поверхности.

Однако как показал анализ, при взрывании парносближенных зарядов ВВ в блочных средах наблюдается некоторая неравномерность дробления материала по объему составной модели. Имеет место большое количество крупных и переизмельченных фракций.

Улучшение интенсивности дробления материала составной модели можно достичь путем целенаправленного перераспределения энергии взрыва по всему объёму модели.

С этой целью два заряда ВВ массой по 130 мг размещали так, что заряды ВВ находились в центре блоков составной модели (рис. 1, поз. 8). По флангам каждого удлиненного заряда ВВ проходит основная система трещин.

Наряду с выше представленным вариантом взрывания блочных сред, нами испытан вариант (рис. 1, поз. 9) с использованием дополнительного заряда ВВ в области нерегулируемого дробления пород (на уровне забойки). При этом обеспечивалась полная идентичность варианту (рис. 1, поз. 8), как по структуре модели, так и по энергетической насыщенности (постоянства удельного расхода ВВ),

Масса основных зарядов состояла из 100 мг тэна каждого, а дополнительного заряда – 60 мг.

В результате взрыва моделей установлено, что наиболее эффективным при разрушении блочных моделей является максимально возможное равномерное распределение ВВ в объеме модели, обеспечиваемое, в частности, использованием дополнительных укороченных зарядов ВВ между группами основных зарядов и размещением зарядов внутри отдельных. В этом случае затрудняется процесс

преждевременного истечения продуктов детонации через трещины, направляя их на совершение полезной работы дробления материала модели.

Предпочтительнее с позиции качества дробления является «нижнее» и «встречное» инициирование зарядов ВВ. Анализируя результаты экспериментальных исследований разрушения составных (блочных) и сплошных моделей можно констатировать несомненное влияние наличия системы трещин на интенсивность дробления твердых сред. При прочих равных условиях степень дробления сплошных моделей на 15-18 % выше, чем материала блочных моделей.

Регулирование интенсивного дробления блочных сред осуществляется рациональным использованием энергии волн напряжений и газообразных продуктов детонации.

Максимальный эффект взрыва при разрушении блочных сред достигается за счет равномерного размещения заряда ВВ во всем объеме разрушаемого объекта (размещение ВВ в каждой отдельности), изоляции зарядов ВВ от основной системы трещин (рассредоточение удлиненных зарядов ВВ инертным материалом на уровне горизонтальных трещин), формирования фронта волн напряжений (выбор схемы инициирования зарядов).