

УДК 622:338

*П.И. Белокопытов, А.П. Астахов, В.Г. Голоскоков,
О.Б. Кортелев, А.Н. Александров*

**НОВЫЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТНЫЕ
СМЕТНЫЕ НОРМЫ НА ГОРНОПРОХОДЧЕСКИЕ
РАБОТЫ**

Семинар № 12

С выходом постановления Госстроя РФ (от 11.02.98 №18015) о переходе на новые сметные нормы и цены в строительстве с 01.01.2001 г. Стали выражать беспокойство по поводу бездействия руководства угольной отрасли и Госстроя России в разработке новых сметных норм на горнопроходческие работы. Возникла длительная переписка с этими учреждениями и до 2003 г. Она не приводила к продвижению разработки.

Проблемы создания новой отраслевой сметно-нормативной базы для инвестиционного угольного комплекса Кузнецкого угольного бассейна обсуждались учеными и практиками на научно практической конференции 23-26 октября 201 г. [1, 2] на 3-й международной научно практической конференции в 2003 г. [3, 4], а также в научных исследованиях.

Авторы проявили инициативу и заняли активную позицию в деле практической разработке новых сметных норм для горнопроходческих работ. При поддержке администрации Кемеровской области и ГУ ДДС был издан целый ряд важных документов [8, 9, 10].

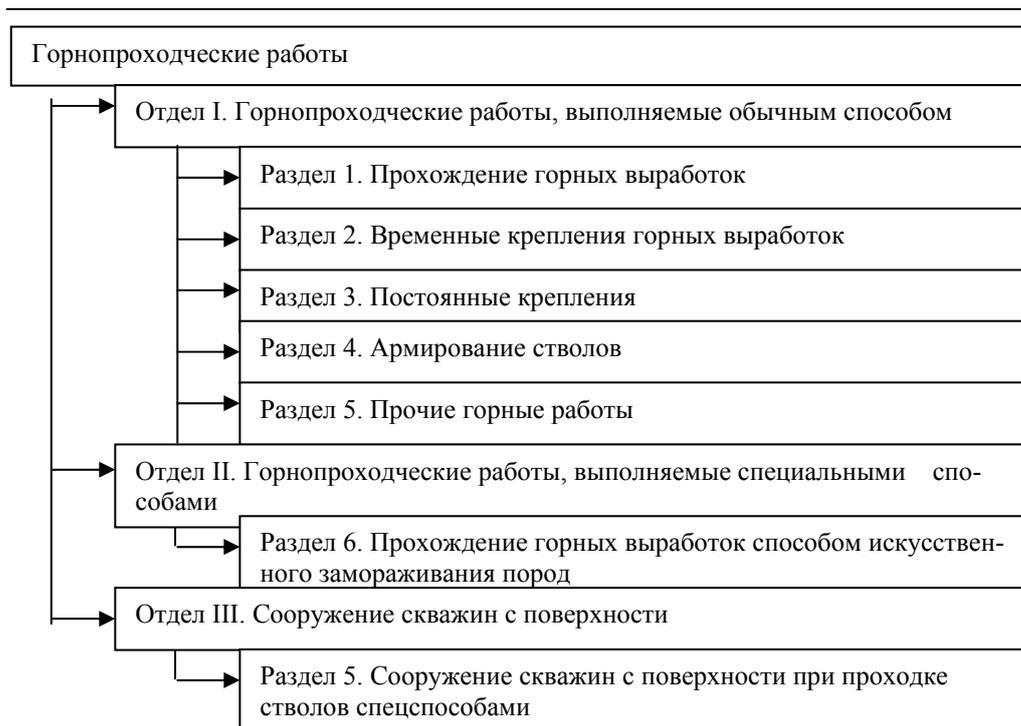
Состояние разработки элементных сметных норм (ЭСН) сборника №35 на горнопроходческие работы для Кузнецкого угольного бассейна было рассмотрено и отражено в решении международной очно-заочной научно практической конференции «Проблемы ценообразования в

строительном комплексе» 1 октября 2003 г. проведенной в рамках международной выставки «Сибстройэкспо-2003» в г. Новосибирске.

Утвержденный Госстроем России сборник ГЭСН-2001-35 (книга 1) введенный в действие с 10 октября 2003 г., оказался полуфабрикатом и официально не издан до сих пор [11]. Госстрой России был вынужден запросить администрацию Кемеровской области о представлении ему новых видов технологий [12].

Специалистами ГУ РЦЦС Кемеровской области и ведущих институтов угольной отрасли разработаны и подготовлены к печати [13-19]. Эти нормативы предназначены для определения потребности в ресурсах (материалы, затрата труда рабочих, работа строительных машин и механизмов) при выполнении работ по возведению подземных горных выработок и составления сметных расчетов (смет) ресурсным методом. Они являются исходными нормативами для разработки территориальных единичных расценок (ТЕР) для предприятий угольной промышленности Кемеровской области, индивидуальных и укрупненных норм (расценок) и других нормативных документов.

При разработке ТЭСН реализованы и уточнены основные направления, отмеченные в исследованиях [1-7] и представлены в 3 книгах:



Выполняемые виды горнопроходческих работ

1. Горнопроходческие работы (рис. 1).
2. Сметные нормы-расценки машино-смен общешахтных машин и оборудования.
3. Ремонт горных выработок.

Сборник горнопроходческих работ содержит 3711 норм, из которых 2397 норм было проверено на соответствие требованиям современных технологий и положено в основу новых норм. Около 1000

норм было скорректировано в связи с применением нового буровзрывного комплекса. Удалены нормы на тампонаж по старой технологии и прохождение стволов с раскоской, разработано более 200 новых норм с применением более совершенной техники.

Новые территориальные сметные нормы являются основой разработки территориальных единичных расценок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Голоскоков В.Г., Астахов А.П.* Проблемы создания новой отраслевой сметно-нормативной базы для инвестиционного горного комплекса Кузбасса // Научно-технические проблемы добычи и переработки полезных ископаемых: мат. очно-заоч. науч. практ. конф. 23-26 октября 2001 г. – Новосибирск: ИГД СО РАН. - с. 71-74.
2. *Голоскоков В.Г., Щербаков А.И., Черенков В.В., Астахов А.П.* О разработке сметно-нормативной базы для предприятий по добычи и переработки полезных ископаемых // Научно-технические проблемы добычи и переработки полезных ископаемых: мат. очно-заоч. науч. практ. конф. 23-26 октября 2001 г. – Новосибирск: ИГД СО РАН. - с. 75-78.

3. *Голоскоков В.Г., Белокопытов П.И., Астахов А.П.* О некоторых проблемах перехода на новые сметные нормы и цены в строительстве угольного комплекса // Научно-технические проблемы добычи и переработки полезных ископаемых: мат. III межд. науч. практ. конф. – Новосибирск: ИГД СО РАН. – 2003. - с. 180-183.

4. *Голоскоков В.Г., Кодола В.В. Астахов А.П.* Основные направления разработки новой сметно-нормативной базы для горного комплекса Кузбасса // Научно-технические технологии добычи и переработки полезных ископаемых: мат. III междунар. науч. практ. конф. – Новосибирск: ИГД СО РАН. – 2003. – с. 184-186.
5. *Голоскоков В.Г., Кортелев О.Б., Щербатов А.И.* Влияние технологических условий горного производства на сметные горнопроходческие нормы // Вестник КузГТУ, Кемерово: № 1. – 2003. – с. 9-12.
6. *Голоскоков В.Г., Астахов А.П., Кортелев О.Б.* Технические параметры новых сметных норм на ремонт и поддержание горных выработок // Вестник КузГТУ, Кемерово: № 5. – 2003. – с. 120-121.
7. *Кортелев О.Б., Голоскоков В.Г.* Сметно-нормативное обеспечение угольного комплекса Сибири: состояние и перспективы развития // ТЭК и ресурсы Кузбасса. Кемерово: №2. – 2003. – с. 181-183.
8. *О порядке перехода на новую сметно-нормативную базу ценообразования в строительном комплексе Кемеровской области // (Распоряжение Администрации Кемеровской области от 17.02.2003 г. № 143-р) / Цены в строительстве №4(91), Кемерово: 2003. – с. 40-41*
9. *О финансировании разработки Сборников Государственных Элементных Сметных Норм на горнопроходческие и горновскршыные работы // (письмо Администрации кемеровской области Председателю Госстроя РФ от 30.04.03 №12-353)*
10. *Проблемы ценообразования в строительном комплексе // Решение международной очно-заочной научно-практической конференции «Проблемы ценообразования в строительном комплексе» 1 октября 2003 г. проведенной в рамках международной выставки «Сибстройэкспо-2003» в г. Новосибирске.*
11. *Об утверждении Государственных элементных сметных норм на строительные и специально-строительные работы «Горнопроходческие работы» // (Письмо Госстроя России от 06.10.2003 г. № 172). Сборник утвержден и введен в действие с 10.10.2003 г.*
12. *О представлении Госстрою России Администрацией областей данных отраслевых институтов Кемеровской области новых видов технологий по сборнику ГЭСН-2001-35 «Горнопроходческие работы» // (Письмо Госстроя России от 03.12.2003 г. № нз-79-24/10), Цены в строительстве №12(69), Кемерово: 2003. – с. 24*
13. *Об утверждении ГЭСН-2001-35 «Горнопроходческие работы» (Приказ №5 от 10.06.2004 г. Главного управления Архитектуры и Градостроительства Кемеровской области) // Цены в строительстве №7(106), Кемерово: 2004. – с. 129*
14. *Сборник территориальных элементных сметных норм ТЭСН 81-02-35-2001. Книга 1, раздел 1-7 «Горнопроходческие работы».*
15. *Сборник территориальных единичных расценок ТЕР 81-02-35-2001. Книга 1, раздел 1-7 «Горнопроходческие работы».*
16. *Сборник территориальных элементных сметных норм и единичных расценок ТЭСН и ТЕР 81-02-35-2001. Книга 2, раздел 8 «Сметные нормы-расценки машино-смен общешахтных машин и оборудования».*
17. *Сборник территориальных элементных сметных норм ТЭСН 81-02-35-2001. Книга 3, раздел 9 «Ремонт горных выработок»*
18. *Сборник территориальных единичных расценок ТЕР 81-02-35-2001. Книга 3, раздел 9 «Ремонт горных выработок»*
19. *Цены в строительстве №9(107), Кемерово: 2004. – с. 43*

Коротко об авторах

Белокопьев П.И. – кандидат технических наук, ген. директор института «Гипроуголь», г. Новосибирск,
Астахов А.П. – начальник сметного отдела института «Гипроуголь», г. Новосибирск,
Голоскоков В.Г. – кандидат экономических наук, советник ОАО корпорация «Стройсиб»,
Кортелев О.Б. – доктор технических наук, главный научный сотрудник Института горного дела СО РАН,
Александров А.Н. – младший научный сотрудник Института горного дела СО РАН.

© А.В. Рашкин, В.А. Дорофеев,
 П.Б. Авдеев, С.Ю. Селезнев,

УДК 622.014.3:502.76

*А.В. Рашкин, В.А. Дорофеев, П.Б. Авдеев,
С.Ю. Селезнев*

**ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНЫХ И БУРОВЗРЫВНЫХ
РАБОТ В СЛОЖНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ
И ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РАЗРЕЗА
«ВОСТОЧНЫЙ»**

Семинар № 12

В Восточном Забайкалье наиболее сложные горно-технические и горно-геологические условия характерны для Татауровского бурогольного месторождения. Здесь в условиях сурового климата освоение месторождения осложнено специфическими гидрогеологическими и гидрологическими условиями и наличием островной многолетней мерзлоты. Рыхлые четвертичные отложения содержат песчано-гравийную смесь, пригодную для использования в строительстве. Опыт работы разрезов Восточной Сибири, Забайкалья и Якутии показывает, что необходимо разрабатывать специальные технологические схемы ведения буровзрывных и горных работ по многолетнемерзлым и коренным породам.

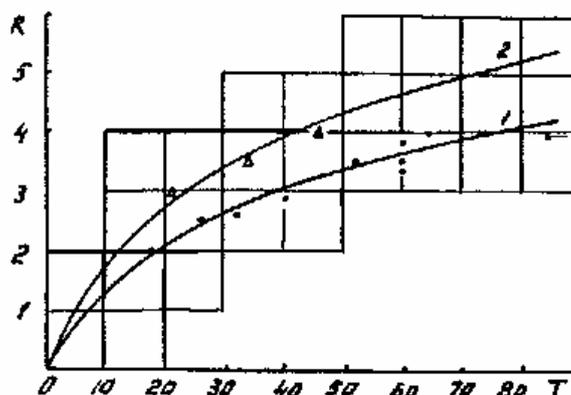
В условиях разреза «Восточный» скважины обводнены круглый год, а поступающая из деятельного слоя (ДС) в скважину вода содержит песчано-илистый материал (ПИМ) и заиливает её практически на 50–100 %. Потери скважин от заиливания достигают 50 %, составляя в среднем около 25 %. Наиболее высокие потери скважин наблюдаются в период смерзания ДС. Потери длины скважин из-за заиливания и обрушения стенок изменяются в пределах от 0 % до 80–90 %. Продолжительность сохранности пробуренных скважин – от секунд до нескольких суток. Потери скважин от заиливания, обрушения стенок и оттаивания мерзлых пород составляют 10–15 % в холодный пе-

риод и 25 % - в теплый период года. Наибольшие потери скважин отмечаются в период промерзания ДС, когда межмерзлотные воды его имеют напорный характер – в этот период теряется до 50 % скважин.

Испытания гидроизоляции скважин с помощью надувных емкостей и обсадных труб показали, что по эффективности она уступает гидроизоляции зарядов ВВ. Наибольшее распространение получил способ гидроизоляции зарядов ВВ полиэтиленовыми оболочками, но в условиях высокой обводненности гидроизоляция зарядов эффективна в комплексе с заряданием скважин вслед за бурением. Диаметр оболочки должен быть не более 0,85–0,9 диаметра скважины при толщине пленки 0,15–0,20 мм. При ручном зарядании целесообразно использовать простейшие устройства. Оболочки изготавливали из двухслойной рулонной полиэтиленовой пленки. При устойчивости скважины менее 5–15 минут задержка с заряданием влечет частичную или полную ее потерю. Для зарядания таких скважин целесообразно использовать секционные заряды массой до 21 кг и длиной 1,5 м.

При взрывании многолетнемерзлых пород наиболее эффективны ВВ со скоростью детонации не более 2000–2500 м/с. Для обоснования рационального ассортимента были проведены сравнительные испытания относительной мощности раз-

Рис. 1. Изменение радиуса $R(m)$ разрушающих деформаций во времени $T(мс)$: 1 – песчано-гравийно-галечниковые отложения; 2 – песчаники, нижняя часть уступа



личных ВВ заводского и местного изготовления по показателю действия взрыва, объёму воронки взрыва и объёму видимой воронки выброса.

Для сравнительной оценки были приняты ВВ – граммониты 79/21 и 30/70, а также – игданит и смеси АС-ТНТ-ДТ=88:10:2 (тротилсодержащий игданит) и АС-ТНТ=90:10 (граммонит 90/10. По результатам 20 опытных взрывов в сухих скважинах без гидроизоляции зарядов установлены количественные характеристики относительной мощности ВВ, объёмов и качества дробления мерзлых пород.

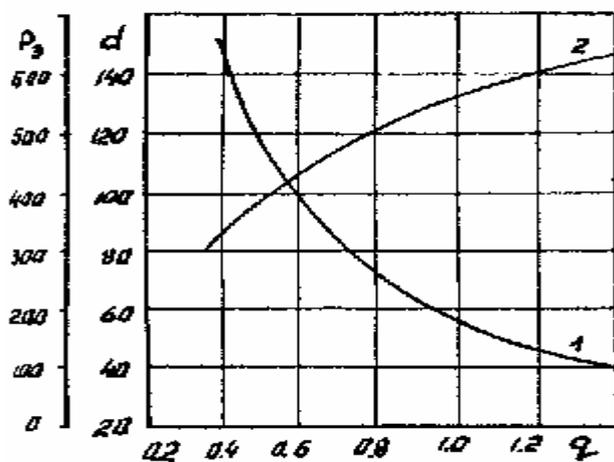
В сложных гидрогеологических и геокриологических условиях на поведение заряда ВВ в скважине, процесс заряжания и взрывчатого разложения ВВ существенное влияние оказывают два фактора – наличие высокотемпературной мерзлоты $(-0,2)...(-0,9) ^\circ\text{C}$ и ДС. Эти факторы определяют необходимость заряжания вслед за бурением во временно сухие скважины и гидроизоляцию заряда для предотвращения попадания в межгранульное пространство воды и заливающего материала. Для выявления рациональных схем взрывания изучены закономерности распространения разрушающих деформаций и даны оценки предельных размеров зон разрушения и интервалов замедлений.

Из установленных зависимостей следует (рис. 1): с увеличением расстояния от заряда темпы прироста необходимого времени возрастают; скорость распространения разрушающих деформаций в

ПГГО ниже, чем в песчаниках и алевролитах, соответственно, начальная скорость распространения разрушающих деформаций и темпы ее уменьшения в песчаниках и алевролитах выше, чем в ПГГО.

Полученные данные позволили оценить параметры заложения зарядов и короткозамедленного взрывания для основных групп пород. Для мерзлых пород коэффициент сближения зарядов принимается равным 0,8...1,4, предельная сетка расположения скважин для ПГГО 5 x 5 м, для песчаников 5,4 x 5,4 м при фактическом удельном расходе ВВ 0,82...0,94 кг/м³, минимальный интервал замедления между рядами, соответственно, 50 мс и 35 мс (из условия распространения разрушающих деформаций в одну сторону на $2/3R_{ПР}$).

Экспериментальные взрывы выполнены с целью выбора рациональной сетки скважин при валовой и селективной выемке ПГГО и коренных пород. Замеры кусковатости отбитых пород показали, что с ростом нагрузки на скважины выход фракций -200 мм уменьшается с 75–78 % до 32–33 % при близком уровне выхода кусков крупностью $+1600$ мм – около 13–17 %. Размер среднего куска при этом увеличивается.



Расчеты для валового взрывания мерзлых ПГГО и коренных пород показывают, что с ростом удельного расхода ВВ размер среднего куска отбитой горной массы уменьшается, а производительность экскаватора возрастает (рис. 2). Следовательно, регулирование кусковатости отбитых пород для повышения производительности драглайна имеет ограничения в пределах экономической эффективности. Для зарядов из граммонита 79/21 (с гидроизолирующей) указанный предел составляет 0,93 кг/м³, для граммонита 30/70 – 0,65 кг/м³ и для гранулированного тротила – 0,62 кг/м³.

При совместном взрывании ПГГО и коренных пород на всю их мощность доля первых в массиве уступа достигает 0,74–0,85, что объясняется значительным влиянием ДС – в холодный период года мерзлая корка повышенной прочности увеличивает выход крупных фракций, в теплое – увеличиваются потери скважин от заиливания. Поэтому, в сравнении с аналогичными условиями совместного взрывания отмечается некий рост выхода крупных кусков.

Крупность дробления с расширением сетки скважин возрастает, однако изменение выхода отдельных фракций не имеет резких скачков. С расширением сетки скважин с 3×3 м до 4×4 м выход фракций -200 мм

Рис. 2. Изменение размера среднего куска (1) и производительности драглайна (2) от удельного расхода ВВ

снижается с 57 % до 38,1 %, а выход крупных фракций +800 мм увеличивается с 26,8 % до 41 %.

Аналогично изменяется размер среднего куска для всей отбитой породы и для габаритной его части. При сетках скважин 3,5×3,5 м и 4×4 м выход фракции +800 мм составляет 41% и 40,8% при размере среднего куска габаритной части – 0,364 м и 0,376 м, соответственно. Удельный расход ВВ при сетке 4×4 м составляет 0,8 кг/м³, а при сетке 3,5×3,5 м – 0,97 кг/м³. Таким образом, при совместном взрывании сетка скважин 4×4 м обеспечивает приемлемое качество дробления пород. При сетке 4×4 м дробление пород в случае совместного взрывания нижнего подступа несколько лучше, чем при совместном взрывании уступа в целом, что объясняется влиянием ДС и существенной разницей в удельном расходе ВВ.

Разработаны схемы взрывания для зарядов диаметром 160 и 216 мм. При использовании Черемховской схемы работы сброс пород в постоянный отвал составляет 14–17 %, сброс в предотвал – около 15 %, в то время как по проектной схеме сброс в предотвал составляет не более 8–12 %. При диаметре зарядов 216 мм сброс пород в выработанное пространство достигает 34–42 %. Сброс в постоянный отвал при Черемховской схеме возможен до 18–20 %. При сопоставлении показателей валового и отдельного взрывания для высоты уступа 15 и 24 м выявляются существенные преимущества отдельного взрывания.

Отрицательные проявления ДС устраняются отдельной обработкой его с регулируемым опережением фронта горных

работ. При этом выемку пород ДС производят либо после осушения поля разреза в целом или зон отрабатываемых заходок, либо до окончания работ по осушению поля разреза. Технологическая схема взрывания с раздельной выемкой ДС рассмотрена в двух вариантах - рыхление скважинными и щелевыми зарядами.

Осушение разреза осуществляется с помощью открытой дрены размерами: по верху 39 м, по низу 4 м, глубина 10 м, длина 7800 м, общий объем работ 1677 тыс. м³. Одновременно сооружена водозащитная дамба высотой 8 м и объемом 1903,3 тыс. м³. С целью сокращения сроков строительства предложено открытую дренажную систему сооружать взрывами на выброс. Предварительные расчеты показали, что схема взрывания сосредоточенными зарядами двухстороннего выброса является более простой, но не обеспечивает направленного выброса. Поэтому нами рассмотрен вариант проходки дрены направленным взрывом сосредоточенных зарядов. Расход ВВ на взрывание составил 3986 т, средняя ширина развала 82 м, максимальная высота навала при направленном выбросе 5,1 м. Затраты на строительство водозащитных сооружений уменьшены на 15 %, сроки строительства сокращены в 2 раза.

Дополнительно для осушения проходили дренажные каналы глубиной 3 м по контуру отрабатываемой заходки или по контуру отрабатываемой и последующей заходки. Проходка каналов осуществляется взрывом на выброс щелевых зарядов. Удельный расход ВВ при взрывании на выброс составляет 1,4 кг/м³. Экономический эффект проходки дренажных каналов за период существования ДС достигается за счет сокращения потерь скважин, уменьшения времени подготовки взрывов и увеличения объемов экскавации. Технологические схемы экскавации с оттаиванием и перемещением ПГГО были разработаны для первой вскрышной заходки длиной 1300 м. В основу этих схем заложены принцип солнечно-радиационного

оттаивания многолетнемерзлых пород верхней части вскрышного уступа, послойная их разработка и перемещение в выработанное пространство бульдозерами и скрепером. Предлагаемый способ разработки позволяет сократить объемы дорогостоящих буровзрывных работ. Экскаваторные и бульдозерно-скреперные работы по технологическим схемам выполняются в теплый период года с мая по сентябрь. Средняя глубина оттаивания ПГГО принята по наблюдениям 0,1 м/сут. После удаления ПГГО выполняются экскаваторные работы по песчанкам вскрышного уступа. Из основного оборудования в схемах применены драглайн ЭШ-10.70, механическая лопата ЭКГ-8И, бульдозеры Д-572 на базе трактора ДЭТ-250, Д-355 фирмы Комацу (Япония) и скрепер с вместимостью ковша 15 м³.

Схемы экскавации разработаны в двух вариантах, из которых принят вариант с послойным оттаиванием и перемещением ПГГО во внутренний отвал с первой заходки бульдозерами и скрепером, частичной экскавацией драглайном ЭШ-10.70 ПГГО у рабочего борта для получения большего разноса песчаников после взрывания в целях снижения вторичной их смерзаемости, рыхлением взорванных песчаников мехлопатовой ЭКГ-8И и экскавацией их драглайном ЭШ-10.70 для создания подготовленных к выемке запасов угля. Для ускорения подготовки запасов угля предложено производить экскаваторные работы не по всему фронту, а отдельными блоками по 400–450 м. Разработаны параметры и организация ведения вскрышных работ в зимний, весенний, летний и осенне-зимний переходный периоды.

Выводы и рекомендации

1. Для повышения сохранности взрывных скважин целесообразно осушение ДС многолетней мерзлоты, увеличение диаметра взрывных скважин и применение устройств крепления и гидроизоляции устьевого части их. Для обеспечения нормального режима и полноты детонации необходимо применять гидроизоляцию

зарядов и заряжание скважин производить вслед за их бурением. При взрывании многолетнемерзлых пород применение водоустойчивых ВВ с высоким содержанием тротила (граммонит 30/70, гранулол) нецелесообразно, так как они уступают по мощности граммониту 79/21, а также смесям местного приготовления – игданиту и АС-ТНТ = 90/10. Рекомендуемая сетка скважин при совместном и раздельном взрывании четвертичных отложений и коренных пород при диаметре зарядов 150–160 мм составляет 4×4 м.

2. На основании опытных взрывов, теоретических и экспериментальных исследований практически реализованы: технология заряжания вслед за бурением скважин; работы по проходке открытой дрены и дренажных канав по контуру обрабатываемых заходок; при номинальном диаметре бурения 160 мм сетка скважин 4×4 м при удельном расходе ВВ 0,7–0,9 кг/м³ и верхнее расположение боевика для всех пород

приняты в типовом проекте массового взрыва; организовано изготовление полиэтиленовых оболочек, что позволило исключить из ассортимента применяемых ВВ дорогостоящие граммонит 30/70 и гранулол;

3. Разработана и внедрена технологическая схема предварительного рыхления

и удаления пород ДС, позволяющая сократить потери скважин и уменьшить влияние его на дробление массива. Рекомендована технология фронтальных взрывов с производством вскрышных работ по Черемховской схеме, что позволяет использовать энергию взрыва для частичного сброса пород в постоянный отвал и предотвал.

4. Разработаны технология проходки открытой дрены направленными взрывами сосредоточенных скважинных и щелевых зарядов, позволяющая уменьшить срок сооружения дрены в 2-3 раза и затраты на 12 %.

5. Впервые для угольных месторождений разработаны технологические схемы вскрышных работ с послойным солнечно-радиационным оттаиванием и бульдозерно-скреперной вскрышей многолетнемерзлых гравийно-галечных пород четвертичных отложений в теплый период года и экскавацией взорванных мерзлых песчаников драглайном ЭШ-10.70 и мехлопатов ЭЖГ-5. Разработаны и обоснованы технологические схемы ведения вскрышных работ для зимнего, летнего и переходных осеннего и весеннего периодов года с учетом природно-климатических и геокриологических условий месторождения.

Коротко об авторах

Рашкин А.В., Дорофеев В.А., Авдеев П.Б., Селезнев С.Ю. – Читинский государственный университет.



© Н.Н. Кожевников, 2006

УДК 622.234.5

Н.Н. Кожевников

**ЗЕМСНАРЯД С ЭЖЕКТОРОМ У ВХОДА
В ГРУНТОВЫЙ НАСОС И НОВЫМИ**

379

Традиционно эжектор для увеличения глубины разработки грунта и производительности земснаряда монтируется непосредственно в оголовке грунтозаборного устройства. Такое расположение эжектора увеличивает массу грунтозаборной рамы, что нежелательно при её наращивании.

По заказу треста «Энергогидромеханизация» отраслевой лабораторией ВЗИСИ в 90-х годах проведены лабораторные исследования эжектора у входа в грунтовый насос [1], а отделом новой техники треста выполнены производственные испытания устройства на земснаряде типа 350-50 Л [2].

Испытания модели устройства на стенде и на земснаряде выявили принципиальную возможность получения напора до 3 м вод. ст. от эжектора, установленного у входа в грунтовый насос. При этом напор эжектора автоматически возрастал с увеличением разряжения во всасывающей линии грунтового насоса. Получаемого напора эжектора в 2,5–3 м вод. ст. достаточно для исключения кавитации грунтового насоса при увеличении глубины разработки земснаряда до 15–20 м и концентрации гидросмеси до 25 %.

Размещение оборудования эжектора в трюме или на понтоне земснаряда (насос, водовод, задвижки, эжектор) и его эксплуатация при этом упрощается, масса грунтозаборной рамы при её наращивании значительно сокращается в сравнении с вариантом установки эжектора в оголовке грунтозаборного устройства. Это важно

при модернизации существующих земснарядов для увеличения глубины грунтозабора. При установке эжектора непосредственно перед грунтовым насосом достигается дополнительное снижение кавитации насоса, так как напор создаётся непосредственно перед входом в зону кавитации.

Питание насадки эжектора возможно осуществить в двух вариантах:

1. Традиционный вариант питания насадки от водяного насоса среднего напора $H = 35 - 40$ м с расходом Q_0 до 30 % от номинальной подачи грунтового насоса.

Возможно, использовать штатный вспомогательный водяной насос земснаряда при близкой характеристике по подаче и напору.

2. С питанием насадки эжектора гидросмесью, отбираемой из напорного трубопровода земснаряда. При этом манометрический напор грунтового насоса в конкретных условиях должен быть не менее $H = 35 - 40$ м, а отбираемый расход $Q_0 = 25$ % от номинальной подачи грунтового насоса. По этому проекту не требует установки специального водяного насоса. Важным достоинством проекта является сохранение исходной концентрации гидросмеси, поскольку не происходит её разбавления струёй воды, как это имеет место в 1-м варианте. Использование для эжектирования струи гидросмеси с объёмным весом $\gamma_{см} = 1.1 - 1.2$ т/м³ повышает напор эжектора по сравнению с водяной струёй ($\gamma_в = 1$ т/м³) по варианту 1.

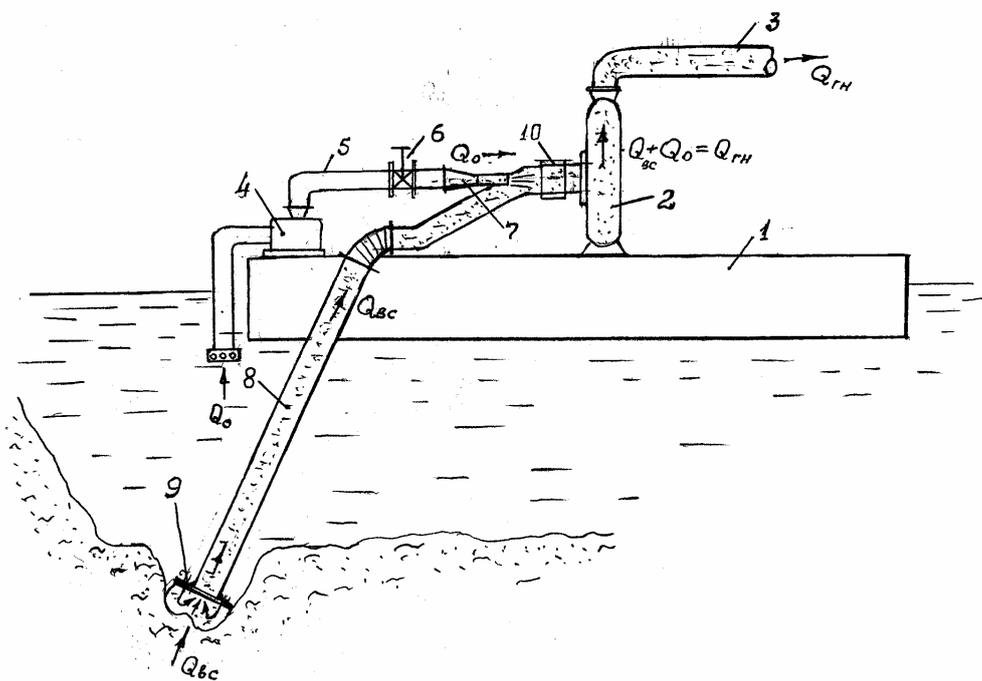


Рис. 1. Схема установки эжектора с центральной насадкой у входа в грунтовый насос земснаряда: 1 – понтон земснаряда; 2 – грунтовый насос; 3 – напорный пульпопровод; 4 – водяной насос; 5 – водовод; 6 – задвижка; 7 – центральная насадка эжектора; 8 – всасывающий пульпопровод; 9 – грунтозаборное устройство; 10 – ревизия. $Q_{вс}$ – всасываемый расход пульпы; Q_0 – подача водяного насоса и расход воды из насадки; $Q_{вс} + Q_0 = Q_{гн}$ – подача (расход) грунтового насоса.

Недостатком варианта 2 является интенсивный износ насадки, желательно изготавливать её из специальной стали.

Схема размещения оборудования эжектора с водяным насосом (1-й вариант) приведена на рис. 1.

Оптимальные значения расхода Q_0 и напора водяного насоса H для получения напора от эжектора $H_{эж} = 2.5 - 3.5$ м вод. ст. определены предварительными расчётами. При этом подача водяного насоса должна быть $Q_0 = 25 - 30\%$ от номинальной подачи грунтового насоса $Q_{гн}$, напор насоса - $H = 35 - 40$ м. Исходя из этих параметров следует подбирать насос для конкретного типа земснаряда.

Расчет эжектора рекомендуется выполнять по формуле Коржаева:

$$\alpha = \frac{2}{n} \times \frac{1 + \beta}{1 + \delta \cdot \beta} - \left(\frac{1 + \beta}{n} \right)^2 [3]$$

где α – коэффициент напора или отношение $\alpha = H_{эж}/H_0$ (H_0 – напор на насадке); δ – относительный объемный вес всасываемой пульпы: $\delta = \gamma_{п}/\gamma_0$; n – отношение площадей $F_{кс} / F_0$, где $F_{кс}$ – площадь камеры смешения, в нашем случае площадь всасывающего патрубка грунтового насоса, F_0 – площадь сечения насадки на выходе; $\beta = Q_{вс}/Q_0$ или коэффициент расхода эжектора, где $Q_{вс}$ – расход до эжектора, Q_0 – расход из насадки.

Насадку следует проектировать с углом конусности $\alpha = 13^\circ$, имеющей минимальные потери напора. Диаметр насадки

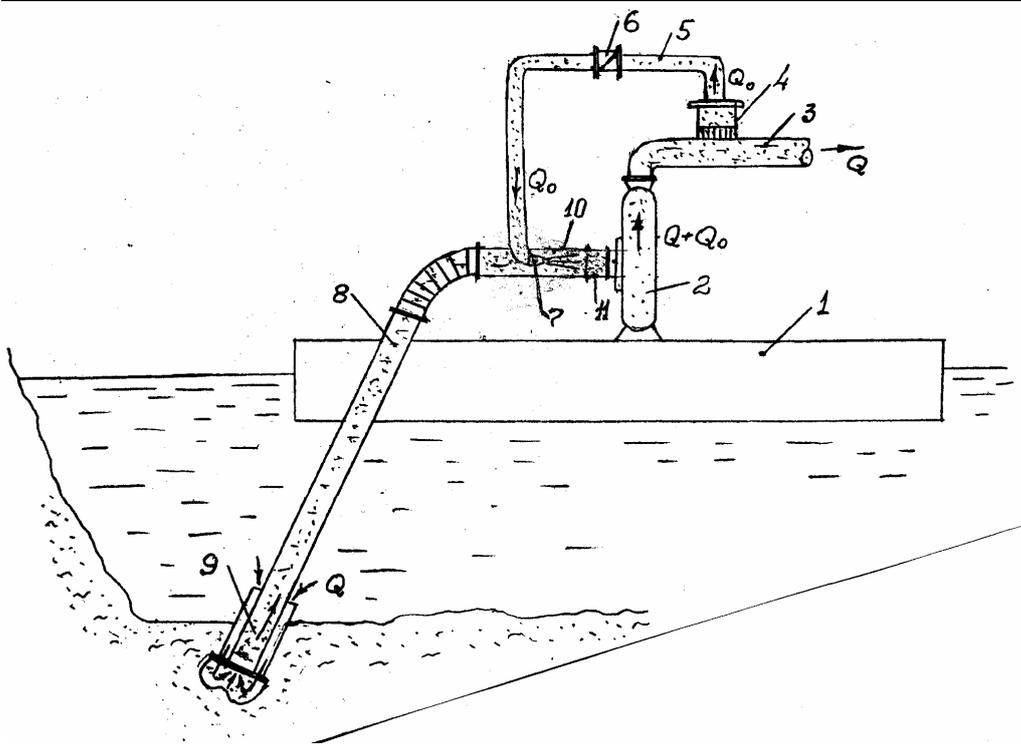


Рис. 2. Схема земснаряда с эжектором на входе в грунтовый насос с отбором пульпы из напорного трубопровода для привода эжектора и насадкой, смонтированной по центру всасывающего трубопровода: 1 – корпус земснаряда; 2 – грунтовый насос; 3 – напорный трубопровод; 4 – отборник пульпы; 5 – трубопровод питания эжектора; 6 – запорный клапан; 7 – насадка эжектора диаметром выхода d_0 ; 8 – всасывающий трубопровод; 9 – грунтозаборное устройство для всасывания из-под слоя грунта; 10 – камера смешения диаметром D , равным диаметру всасывающего трубопровода; 11 – ревизия. Q – всасываемый расход пульпы и напорный после отбора; Q_0 – отбираемый расход пульпы для подачи на насадку эжектора; $Q + Q_0$ – подача грунтового насоса.

вычисляется по известным из гидравлики формулам, зная напор H_0 и расход Q_0 .

Вариант 2 с питанием насадки эжектора гидросмесью показан на рис. 2.

Оптимальным значением расхода отбираемой гидросмеси Q_0 следует принять 25 % от номинальной подачи грунтового насоса. Отбор 25 % расхода от подачи грунтового насоса для гидротранспорта песчаных грунтов может привести к режиму частичного заиливания пульпопровода. Этот режим отвечает минимальным потерям напора и считается наиболее экономичным.

Напор на насадке H_0 в конкретных условиях гидротранспорта должен быть не

менее 30 м. С учетом потерь напора (до насадки) манометрическое давление после грунтового насоса должно быть не менее 35-40 м. при отборе пульпы. Для контроля режима гидротранспорта желательно оборудовать земснаряд комплексом измерительной аппаратуры, в том числе манометром и сигнализатором уровня слоя заиливания пульпопровода [4].

Расчет эжектора рекомендуется выполнять по формуле Коржаева:

$$\alpha = \frac{2}{n} \times \frac{1 + \beta}{1 + \delta \cdot \beta} - \left(\frac{1 + \beta}{n} \right)^2 \quad [3]$$

Обозначения величин в формуле аналогичны указанным в варианте 1. Но по-

сколькx при песчаных и мелкозернистых грунтах в отборнике 4 осветления пульпы практически не происходит, то коэффициент δ – отношение объемного веса всасываемой пульпы к объемному весу жидкости струи эжектора будет

$$\delta = \gamma_n / \gamma_n = 1.$$

С учетом поправки на плотность струи эжектора при $\delta = 1$, (плотность струи, жидкости вытекающей из насадки, равна плотности всасываемого потока) формула будет преобразована:

$$\alpha = 2/n - [(1+\beta)/n]^2$$

где α – коэффициент напора или отношение $\alpha = H_{эж}/H_0$; n – отношение площади камеры смешения (в нашем случае площадь входного патрубка грунтового насоса) к площади сечения насадки - $n =$

$$= F_{кв}/F_0; \beta - \text{отношение подсосываемого расхода к расходу насадок } \beta = Q_{вс}/Q_0.$$

Площадь выходного сечения насадки определяется по известным формулам гидравлики: $F_0 = Q_0 \mu (2gH_0)^{0.5}$; где F_0 – м², Q_0 расход насадки м³/с, μ – коэффициент расхода, равный для насадки с углом конусности 13° $\mu = 0.95$, $g = 9.81$ м/с², H_0 – напор на насадке – м.

На рис. 2 показан ввод центральной насадки и отвода в патрубков грунтового насоса через стенку трубопровода. При этом происходит стеснение потока, приводящее к нежелательным потерям напора. Но эти местные потери не велики и не превышают 15 – 20 см вод. ст.

Испытания модели эжекторов на стенде и на земснаряде проводились с вводом в камеру смешения нескольких насадок по периферии трубопровода. Эжектирование через одну центральную насадку эффективнее, так как при этом эпюра скоростей ближе к естественному их распределению по сечению. При эжектировании струей пульпы следует применять одну центральную насадку по соображениям большего её сечения для исключения забивки негабаритными включениями. Изображенные варианты расположения насадок на рис. 1 и 2 зависят от конструкции

земснаряда, предпочтительнее расположение по рис. 1.

При питании насадки эжектора отбираемой из напорного трубопровода пульпой, к вычисленному напору эжектора $H_{эж} = \alpha H_0$ добавится второй член $\Delta H_{доп}$ от сокращения гидравлического сопротивления при уменьшении расхода во всасывающей линии земснаряда на расход насадки Q_0 . Тогда полный напор от работы эжектора будет: $\Delta H_{полный} = H_{эж} + \Delta H_{доп}$. Если Q_0 принять в 25 % от номинальной подачи грунтового насоса, то местные потери напора и потери по длине всасывающей линии сократятся почти вдвое (пропорционально квадрату скорости $(0.75)^2$), а эта величина существенна и может составлять до 1.5 м.

Расчеты и натурные измерения подтверждают, что при эжектировании струей пульпы у входа в грунтовой насос можно получить полный напор

$$\Delta H_{полный} = H_{эж} + \Delta H_{доп} \text{ до } 3\text{-}3.5 \text{ м вод. ст.}$$

Полученный напор можно использовать для увеличения глубины разработки грунта земснарядом до 12-20 м в зависимости от конструкции земснаряда и для увеличения производительности с применением новых эффективных грунтозаборных устройств с высоким гидравлическим сопротивлением. Их применение возможно на земснарядах с эжектором или погружным грунтовым насосом.

Новые грунтозаборные устройства (ГЗУ) повышенной производительности

Автором статьи были сконструированы модели специальных ГЗУ высокой производительности с повышенным входным коэффициентом гидравлического сопротивления, применять которые возможно только при наличии запаса по допустимому вакууму грунтового насоса. Эти модели ГЗУ были испытаны на воздушном стенде при всасывании гранул. Определялся объём воронки предельного размыва и коэффициент входного гидравлического сопротивления. Эталонном для сравнения служил обычный цилиндрический накопитель с диаметром равным всасывающей

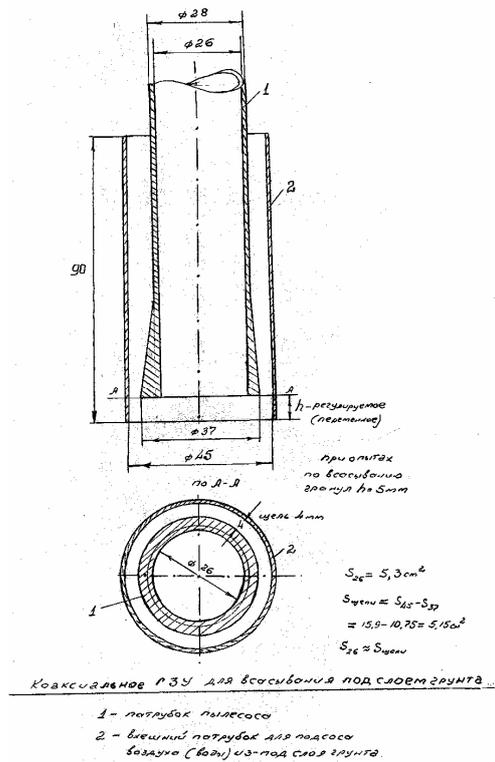


Рис. 3. Цилиндрический наконечник с экраном и направляющими вихреобразующими лопастями: 1 – всасывающий патрубок; 2 – диск-экранный; 3 – направляющие лопасти.

дели из неограниченного пространства $\xi = 1$. Для эталона (цилиндрического наконечника) - $\xi = 1$.

2. Коаксиальный наконечник для всасывания под слоем гранул (грунта).

Эскиз модели приведен на рис. 4.

Наконечник предназначен для работы из-под слоя грунта. При этом может быть достигнута максимальная производительность. Всасываемая в межтрубное пространство и вытекающая из концентрического сопла с удвоенной скоростью струя (по сравнению со скоростью в центральной трубе) одновременно служит для размыва грунта и подвода воды в воронку размыва.

Грунтовый насос в этом случае не прекращает работу, если оголовок завален грунтом, или когда оголовок заглублен под слой грунта принудительно при разработке забоя способом воронки.

Результаты испытаний

При заглублении оголовка на 10 мм в гранулы объем воронки размыва в 7.6 раз больше, чем для эталона, при большем заглублении под поверхность гранул – в 10 раз и более. Коэффициент входного сопротивления устройства $\xi = 5$ при экранировании торца оголовка (при всасывании только через межтрубное пространство). При открытом торце устройства всасывание через щель межтрубного пространства не происходит и $\xi = 1$. Для эталона (цилиндрического наконечника) - $\xi = 1$ при всасывании из неограниченного пространства. При экранировании торца обычного цилиндрического наконечника происходит срыв работы устройства.

Выводы

1. Ввиду очевидной эффективности эжекторных устройств у входа в грунтовый насос и грунтозаборных устройств

трубе. Были выявлены наиболее эффективные по производительности два ГЗУ.

1. Цилиндрический наконечник с экраном и направляющими вихреобразующими лопастями.

Эскиз испытанной модели приведен на рис. 3. Увеличение воронки размыва происходит под действием интенсивного вихря, образуемого самим всасываемым потоком, но для образования вихря затрачивается дополнительная энергия. При этом возрастает гидравлическое сопротивление устройства.

Результаты испытаний.

При размещении кромки лопастей на поверхности гранул объем воронки размыва в 2.3 больше, чем для эталона, при заглублении лопастей под поверхность гранул на высоту лопастей – в 10 раз. Коэффициент входного сопротивления устройства $\xi = 5$ при экранировании - всасывании только через щели между лопастями. При всасывании через наконечник мо-

повышенной производительности, целесообразно провести производственные испытания предлагаемых устройств на земснарядах.

2. Модернизацию существующих типов земснарядов с установкой эжектора на входе в грунтовый насос и грунтозаборных устройств повышенной производительности можно осуществить на любом производственном объекте. В основном модернизация сводится к монтажу водовода, насадок и грунтозаборных наконечников. Изготовление деталей водовода, насадок и ГЗУ доступно участковым мастерским.

Рис. 4. Коаксиальный наконечник для всасывания под слоем гранул (грунта): 1 – внутренний всасывающий патрубок; 2 – внешний патрубок

3. Техническая документация на устройства должна выполняться конструкторской организацией и согласовываться с органами надзора и заводом изготовителем в установленном порядке. Расчет устройств для конкретного земснаряда и исходные данные для разработки рабочих чертежей, включая эскизы устройств, может выполнить автор – разработчик приведенных выше устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ухин Б.В. Исследования эжектора у входа в грунтовый насос. Гидротехническое строительство // 2005 г.

2. Кожевников Н.Н. Применение и совершенствование эжектирующих устройств земснарядов. Гидротехническое строительство // 1995, № 1.

3. Коржаев С.А. Пути улучшения работы гидроэлеваторов и метод их расчёта.:М. 1961. Институт горного дела АН СССР.

4. Кожевников Н.Н. Совершенствование измерительных устройств технологического контроля работы земснаряда // Гидротехническое строительство. 1999, № 7.

Коротко об авторах

Кожевников Н.Н. – инженер, трест «Энергогидромеханизация».