

*Худайбердиев А.Р., Жанчаров Ж.У.*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРУПНОМАСШТАБНОГО ВЗРЫВА  
ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ПЛОТИНЫ КАМБАРАТИНСКОЙ ГЭС-2 НА РЕКЕ  
НАРЫН В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ**

*A.R. Khudaiberdiev, Zh.U. Zhancharov*

**USE OF LARGE-SCALE OF EXPLOSION WITH THE CONSTRUCTION OF DAM  
KAMBARATA-2 R. NARYN REPORT REPUBLIC**

УДК: 627.43(575.2)

*О проектировании и строительстве Камбаратинской ГЭС-2 с помощью крупномасштабного взрыва. Организация работ после крупномасштабного взрыва по приведению профиля плотины до проектных параметров с выполнением противодиффузионных мероприятий. Подготовка к пропуску максимального расхода воды через СЭВ.*

*About designing and construction Kambaratinskoy GES-2 by means of large-scale blast. The Organization of the work after large-scale blast on adduction of the profile of the dam before design parameter with execution action. Preparation to gap of the maximum consupcion of water through SEV.*

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 09.10.1980 г. за № 678 «О программе строительства гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций в 1981-1990 годам» предусмотрено начать в XII пятилетие строительство Камбаратинских ГЭС на р.Нарын в Киргизской ССР. Схема энергопользования участка среднего течения р. Нарын уточненная в процессе разработки «Обосновывающих материалов Камбаратинских ГЭС», была рассмотрена и одобрена экспертной подкомиссией ГЭК Госплана СССР (заключение от 29.12.1983 год). «Обосновывающие материалы строительства Камбаратинских ГЭС №1 и ГЭС №2 на р. Нарын» в Киргизской ССР по согласованию с Госпланом СССР утверждены Минэнерго СССР приказом №73 ПС от 27.03.1984 года. В 1986 году в соответствии с приказом Минэнерго СССР от 27.08.1985 года за №346 были начаты подготовительные строительные работы, а также опытные мероприятия по отработке технологии возведения взрывонабросных плотин в рамках проекта Камбаратинских ГЭС.

Параметры взрывов и предполагаемые масштабы применения простейших взрывчатых веществ типа игданита при строительстве Камбаратинских ГЭС не имели аналогов в отечественной и мировой практике. В связи с этим разработка проектов взрывов потребована проведения специальных экспериментов и исследований. В 1986 г. институтами «Гидропроект», «Гидроспецпроект» и ИФЗ АН СССР была разработана комплексная программа опытных работ по технологии возведения взрывонабросных плотин Камбаратинских ГЭС, которая в апреле месяце 1986 г. была утверждена Минэнерго СССР. Следует отметить, что согласно Заключение экспертной комиссии ГЭК Госплана СССР от 29.12.1983г. при разработке проекта предлагалось:

- уточнить консистенцию кольматирующей пульпы, а также разработать методы подготовки и подачи кольматанта в грунт в свободном состоянии;

- продолжить поиск рациональных решений по дальнейшему совершенствованию схемы и технологии взрыва, направленных на сокращение объема воронки и массы зарядов; проведение натурных исследований на крупных зарядах с целью уточнения элементов технологии проходки и заряжения минных камер, условий хранения аммиачной селитры; приготовления зарядов игданита и их подрыв.

В соответствии с утвержденной Комплексной программой в 1987г. на строительстве Камбаратинских ГЭС начались опытные работы по испытанию различных составов смеси аммиачной селитры и дизельного топлива, конструкций зарядов, с постепенным увеличением масштаба взрывов. При этом устанавливались энергетические характеристики составов, уточнялись расчетные положения для зарядов глубокого заложения. После взрывания зарядов в скважинах большого (900мм) диаметра, в шурфах глубиной 20м в июне 1989г. был проведен крупномасштабный взрыв по образованию опытной плотины на р.Уч-Терек. Общая масса зарядов составила около 2000тн, высота образованной плотины - 42м. Следующим по очереди должен был стать крупномасштабный взрыв по созданию опытной плотины Камбаратинской ГЭС-2. Были разработаны проект и рабочая документация, пройдены подходы и зарядные штольни. Но в 1990г. все работы были остановлены, а в 1991г. Полностью прекращены. Проведение крупномасштабного взрыва (КМВ) при строительстве Камбаратинской ГЭС-2, осложнялось особенностями топографических, геологических и ограничительных условий правого берега на участке взрыва, обусловленных постепенно понижающимся грунтовым массивом, который завершался логом. Геологическое строение его было неоднородным, а слагающие грунты нарушены процессами выветривания и разрушения. Ограничительные условия касались размещения строительного грунта между водоприемником и выходным порталом СЭВ, а также обеспечения сохранности туннелей подземного комплекса левого берега, входных порталов водоприемника и строящегося здания ГЭС.

Перечисленные условия проведения КМВ осложнялись тем, что его схема, разработанная в 1987г. институтом «Средазгидропроект» (г.Ташкент), по результатам проверки на модели в ИФЗ АН СССР, оказалась неудачной и по общей массе зарядов (более 7200тн), и по форме навала. При ее реализации перекрывался водоприемник или входной портал СЭВ. В 1988г. к решению этой проблемы был подключен институт «Гидроспецпроект». После двух лет совместных модельных исследований в лабо-

ратории ИФЗ АН СССР, в 1990 г. «Гидроспец-проектом» была разработана рабочая документация КМВ.

Полномасштабное строительство Камбаратинской ГЭС-2 возобновилось в ноябре 2007года после принятия правительством Кыргызской Республики постановления «О строительстве Камбаратинской ГЭС-2» от 23 октября 2007года. Реализации проекта, кроме организации технологической последовательности строительства, потребовала дополнительных проектно-изыскательских и исследовательских работ, так как с момента утверждения проекта Камбаратинских ГЭС прошло больше 20-ти лет. За этот период изменилось нормативная база проектирования, что привело к повышению класса основных сооружений ГЭС - 2. Увеличился гидрологический ряд наблюдаемых расходов р. Нарын, в связи, с чем возникла необходимость в уточнении параметров годового стока, а также расчетных максимальных расходов с различной вероятностью их превышения.

В 2008 году, по заданию ОАО «Электрические станции» и ПИИ «Гидропроект» Кыргызской Республики, ЗАО «Корпорация Союзгидроспецстрой» совместно с ООО «СПИИ Гидроспецпроект» была выполнена актуализация проекта крупномасштабного взрыва на Камбаратинской ГЭС-2. Рис К3.

В соответствии с особенностями сейсмостектонических условий створного участка, тип плотины, принятый в утвержденном проекте - однородная из скальной горной массы, возводимая крупномасштабным направленным взрывом, оставлен без изменения.

В ранее утвержденном проекте предусматривался разрыв во времени между вводом в эксплуатацию ГЭС-2 и ГЭС-1 не более 5-6 лет. Но, в связи с тем, что в настоящее время начало строительства ГЭС-1 не определено, энергетические показатели ГЭС-2 были установлены, исходя из предположения, что она будет работать самостоятельно на бытовом стоке неопределенно долго. Эти же обстоятельства обусловили необходимость выполнения расчетов по интенсивности занесения водохранилища наносами и разработки мероприятий по сохранению его полезной емкости для суточного регулирования стока.

После ввода в эксплуатацию выше расположенной Камбаратинской ГЭС-1, основные сооружения ГЭС-2 должны обеспечивать пропуск ее расчетного сбросного расхода, который также подлежал уточнению в связи с возможным изменением типа плотины ГЭС-1, а также необходимостью учета вероятного максимального паводка (РМФ), существенно превышающего максимальные расходы, принятые в ранее утвержденном проекте.

На основе выполненных гидравлических расчетов, была разработана новая схема пропуска паводковых расходов, а также компоновочные и конструктивные решения дополнительных водосбросных сооружений ГЭС-2, обеспечивающих ее эксплуатацию как самостоятельно, так и в каскаде с ГЭС-1.

В актуализированном проекте была разработана организация работ по подготовке и проведению КМВ. Схема и параметры КМВ были приняты согласно ранее разработанному проекту, с размещением зарядов в уже, пройденных минных штольнях. Изменения коснулись лишь типа взрывчатых веществ (ВВ). В связи с определенными сложностями приобретения, транспортировки через государственные границы, хранения и т.п. штатных ВВ, вместо граммонита 79/21 было решено применить приготавливаемую на месте взрывчатку из смеси аммиачной селитры и дизельного топлива. Контрольные полевые испытания, выполненные ООО НТФ «Взрывтехнология» показали эквивалентность ее штатному ВВ. Определена степень воздействия взрыва на сооружения гидроузла и расположенные вблизи хозяйственные объекты. Выполнены исследования опасности обрушения склонов при взрыве и разработаны мероприятия по укреплению откоса над водоприемниками ГЭС и СЭВ. Произведена оценка влияния взрыва на окружающую природную среду.

Следует отметить, что создание взрывом навала породы является только первым этапом строительства плотины, после которого необходимо дополнительно выполнить определенный комплекс работ для получения надежного и маловодопроницаемого инженерного сооружения. Этот этап включает также переключение расходов на р. Нарын в строительно-эксплуатационный водосброс (СЭВ), входной порог которого превышает русло реки на 25м. Очевидно, что в этих условиях перекрытие реки можно было выполнить только с использованием КМВ. При расходе реки в момент взрыва 200-250 м<sup>3</sup>/с уровень воды поднимется до отметки 930,0-931,0 м, соответственно, минимальная отметка гребня взорванного навала породы должна быть не ниже 935,0-936,0м.

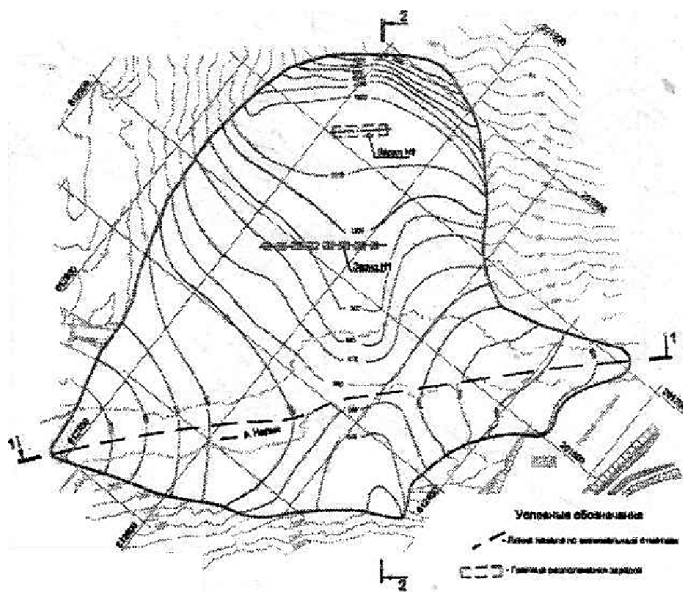


Рис.1.

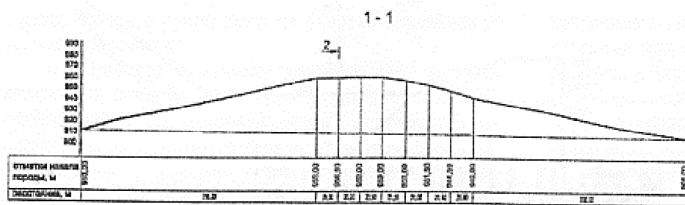


Рис. 2.

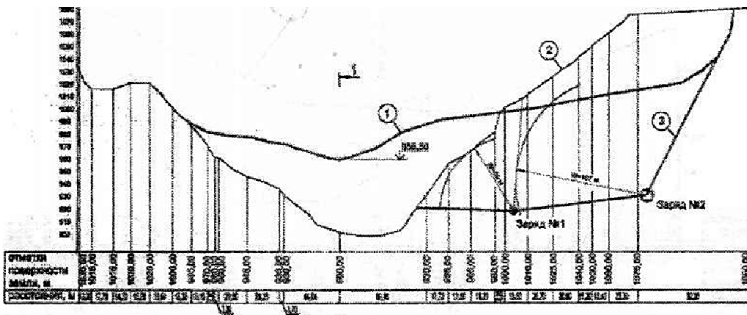


Рис. 3.

В том случае, если гребень навала оказывался ниже отметки 930,0 м, возникла опасность его размыва в результате поверхностного перелива воды с катастрофическими последствиями. Повышение гребня навала выше отметки 960,0 м привело бы к затеканию породы в подводящий канал водоприемников ГЭС и СЭВ. По этой причине нельзя было выполнить взрыв большей мощности, с запасом, что увеличило бы опасность разрушения уже построенных сооружений гидроузла от повышенного сейсмического воздействия.

При проектировании Камбаратинской ГЭС-2 принималось во внимание, что возводимая с помощью уникального крупномасштабного взрыва плотина, является экспериментальным объектом. Формирование профиля взорванного навала породы максимально учтено при проектировании КМВ. При этом использован опыт уже проведенных уникальных взрывов, в результате которых, несмотря на выполненные расчеты и исследования, имели место как недобор высоты навала, так и превышение его проектных значений:

Наименование объекта	Год	Высота навала породы, м	
		Проектная	Фактическая
Селезащитная плотина Медео			
- правый берег	1966	93	60
- левый берег	1967	30	15
Опытная плотна на р. Булькия	1975	43	50
Опытная плотна на р. Учтерек	1989	50	42

Очевидно, что полученные в результате КМВ параметры навала породы, в том числе объем и высотное положение гребня навала, его гранулометрический состав и водопроницаемость могут отличаться от их прогнозных значений.

Непосредственно после взрыва намечено выполнение топографической съемки, в процессе ко-

торой предполагалось сопоставить геометрию полученного навала породы с проектной для определения необходимого объема досыпки до проектного профиля.

Фактические значения фильтрационного расхода через тело навала и высоты высачивания фильтрационного потока на его низовой откос должно быть установлено при поэтапном подъеме уровня воды в верхнем бьефе.

Одновременно должны были выполняться:

- досыпка плотины до проектного профиля;
- устройство пленочных экранов и понура в верхней, наиболее водопроницаемой части гребня с пригрузкой их защитным слоем породы, устойчивым к волновым воздействиям;
- планировка и крепление низового откоса плотины;
- увеличение фильтрационной прочности плотины, путем кальматации (замыва) ее тела мелкозернистыми материалами, в качестве которых предполагалось использовать отложения наносов в зоне выклинивания Токтогульского водохранилища.

Подготовка и проведение КМВ выполнялись ЗАО «Корпорация Союзгидроспецстрой» по договору с ОАО «Нарынгидроэнергострой». Крупномасштабный взрыв по созданию взрывонабросной плотины Камбаратинской ГЭС-2 был произведен 22 декабря 2009 года в 11.55 по местному времени согласно утвержденной штабом КМВ программы организационно-технических мероприятий по подготовке и производству КМВ на КАГЭС-2.

#### Результаты взрыва

1. В результате взрыва двух зарядов гранулита РП массой 2860 т и аммонита 6ЖВ массой 54 т (боевика и промежуточные боевики) р. Нарын в Уч-Терекском створе была перекрыта, (фотоматериалы по КМВ стр.18-23).

2. Объем навала грунта в русло р.Нарын на участке плотины составил около 800 тыс. м<sup>3</sup>, средняя отметка 929, наименьшая длина по гребню-110 м, ширина по руслу реки -250 м, что значительно ниже проектного параметра. Кроме того, значительная часть взорванного грунтового массива переместилась в западном и юго-западном направлениях от места взрыва.

3. Все подземные сооружения, в том числе, туннель СЭВ, повреждений отделки не получили. Все объекты района основных работ стройплощадки Камбаратинской ГЭС-2 не повреждены и готовы к продолжению строительно-монтажных работ. На время взрыва линия электроснабжения ПО КВ не отключалась. Жилые дома пос. Кара-Жигач, а также сельскохозяйственные постройки в районе опасной зоны взрыва не пострадали. Жалоб населения и организаций по поводу нанесенного ущерба нет.

4. В связи с коротким периодом времени до паводка 2010г. обозначились проблемы по проведению противофильтрационных мероприятий для обеспечения устойчивости строящейся плотины при пропуске паводка.

5. На рис 4+7 приведены материалы геодезической съемки навала грунта, выполненной 26.12.09г. На разрезе рис. 8 показаны прогнозные очертания навалов грунта после взрыва по рабочей доку-

ментации 1990г. актуализация проекта 2008 г. и фактически полученные.

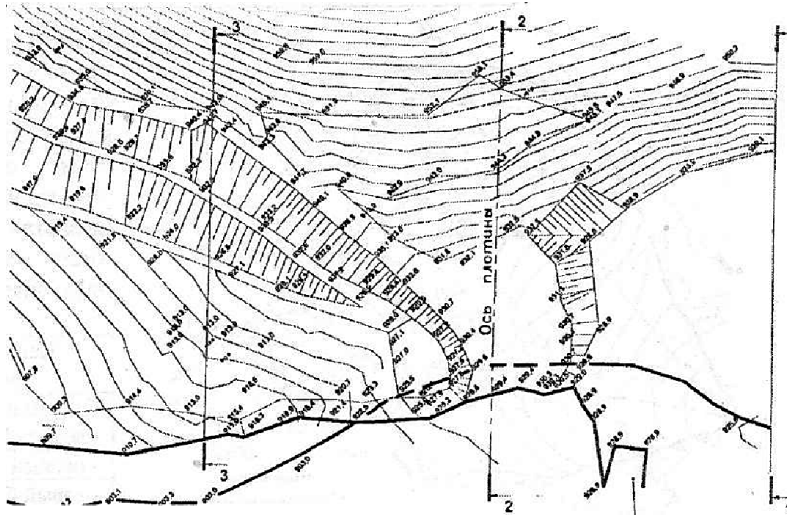


Рис. 4. Геодезическая съемка навала грунта после взрыва

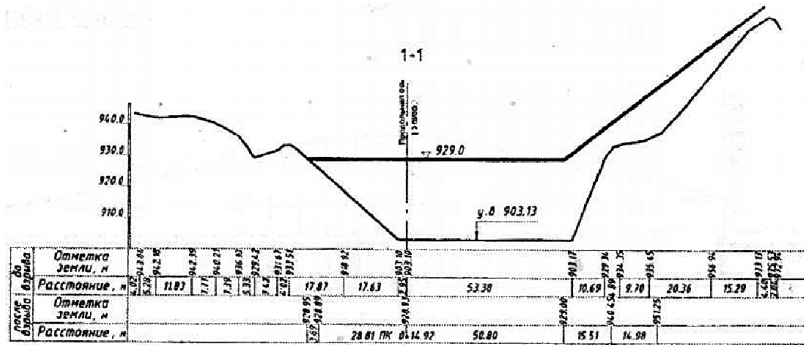


Рис. 5.

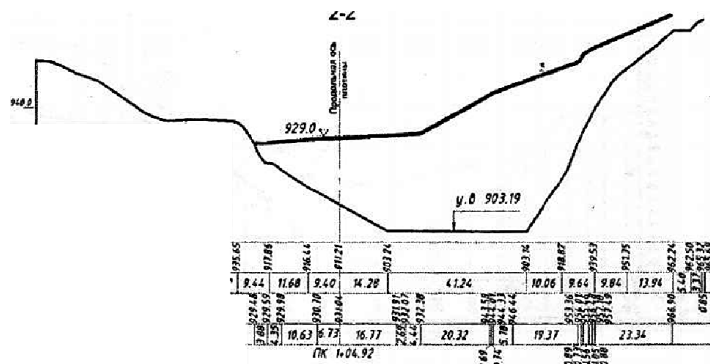


Рис. 6.

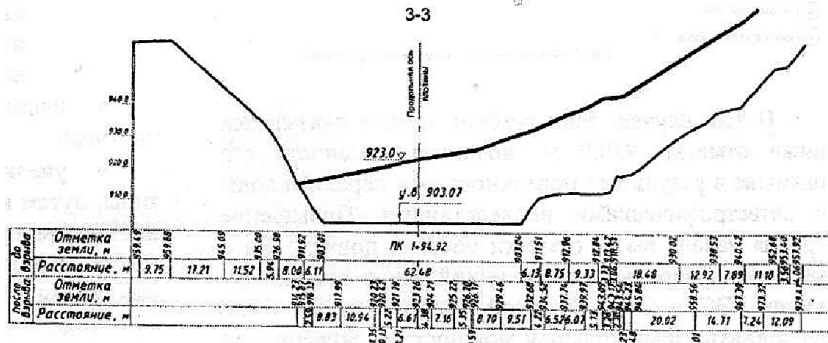


Рис. 7.

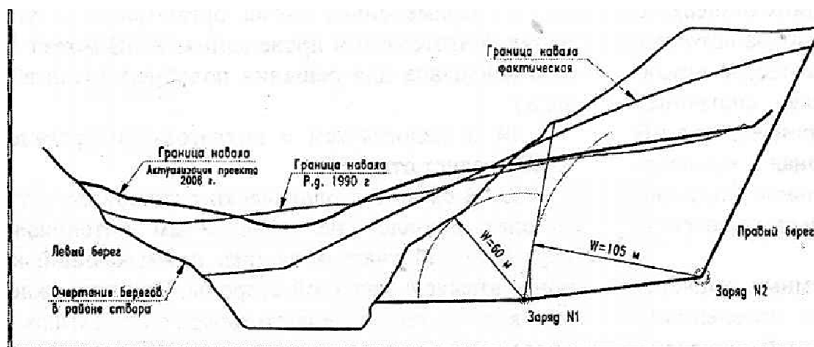


Рис. 8.

Очертания навала грунта 1990г. и 2008г. практически одинаковые поскольку в основе их построения лежат результаты модельных исследований в ИФЗ АН СССР.

6. Основными причинами уменьшения объема сброса грунта в русло реки на участке создаваемой плотины являются:

6.1. Боковое оползание мощного слоя рыхлых отложений зоны выветривания с западной стороны склона после прохождения волны напряжений от взрыва первого, нижнего заряда. При этом произошло засыпание воронки взрыва нижнего заряда, увеличив линию наименьшего сопротивления основного заряда в направлении расчетного сброса грунта. Одновременно с боковой стороны склона оползания в направлении расчетного уменьшило пригрузку верхнего заряда в этом направлении. Это совместное нагружение верхнего заряда в сторону заряда и разгрузку в боковом направлении привело к тому, что вектор действия основного заряда отклонился в сторону нижнего бьефа, вызвав частичное обрушение грунтов взрываемого массива в западном направлении. Соответственно уменьшился объем навала грунта на участке сооружений плотины, особенно в сторону верхнего бьефа. Взрыв выбрал наиболее слабое направление- западное и юго-западное- в сторону слабых грунтов.

6.2. Масса заряда была принята проектировщиками на основании модельных исследований с учетом ограничительных требований к взрыву:

- разместить сброшенный взрывом грунт между подводным каналом водоприемника и отводящим каналом СЭВ; э снизить до минимума сейсмическое действие на тоннели большого сечения, особенно на ближайшего к взрыву - СЭВ. Повреждение обделки СЭВ могло привести к катастрофическим последствиям, вплоть до потери створа Камбаратинской ГЭС-2 в целом; ® ограничить разлет взрываемого грунта для снижения вероятности повреждения конструкций затворов на входных порталах водоподводящих тоннелей и СЭВ, находящихся в стадии монтажа, а также строящихся здания ГЭС и монтажной площадки.

6.3. Осмотр воронки выброса и видеоматериалы взрыва показали, что материал модели не соответствовал фактической структуре и физическим характеристикам грунтов взрываемого массива. Как известно, пластичность грунтов при взрыве определяется коэффициентом простреливаемости.

Ошибка в определении показателя простреливаемости приводит к существенному изменению энергии газообразных продуктов взрыва в котловой полости. Зависимость энергии газообразных продуктов в котловой полости ( $E/q$ ) от величины коэффициента простреливаемости ( $P_c$ , мЗ/т).

После проведения КМВ рабочие группы и члены штаба произвели визуальный осмотр места крупномасштабного взрыва и оперативно приняли решение, для обеспечения безопасности плотины от размыва и фильтрационной устойчивости взорванного навала, отсыпку из материалов взорванной горной массы в стороны верхнего и нижнего бьефа, одновременным подъемом высоты грунтовой плотины.

За короткий период обеспечена безопасность плотины с отсыпкой необходимого объема до отметки 935,00. Протоколом №1 от 24.12.2009г. техническое совещание, при участии представителей ОАО «Электрические станции», ОАО «Камбаратинская ГЭС-2», ОАО «Нарынгидроэнергострой», ПИИ «Гидропроект» и ЗАО «Корпорация Союзгидроспецстрой» приняли решение на базе созданной взрывом основания плотины продолжение строительство плотины грунтового типа «насухо» из местных материалов с выполнением комплекса противофильтрационных мероприятий. В связи с дефицитом времени до паводка 2010 года и для ускорения возведения плотины новой конструкции, поручено ЗАО «Корпорации «Союзгидроспецстрой» выдать проектное решение по конструкции и технические условия для возведения земляной плотины спротивофильтрационным элементом (ПФЭ).

На выездном заседании министра энергетики Кыргызской Республики на строй площадке Камбаратинской ГЭС - 2 (протокол №16 от 11.03.2010г) принят окончательный отчет по КМВ на Камбаратинской ГЭС - 2 с учетом замечаний ОАО «Камбаратинской ГЭС-2» и ПИИ «Гидропроекта» **следующими выводами после производства КМВ:**

1. Масштаб взрыва, сложные геологические и топографические условия, ситуационная обстановка в районе взрыва не имеют прецедента в мировой и отечественной практике взрывного дела.

2. Проектированию взрыва предшествовал большой объем научных и экспериментальных работ по обследованию технологии подготовки и проведения взрыва, схемы размещения и консистенции зарядов ВВ.

3. Ряд разработок выполнен на уровне изобретений.

4. Впервые в практике гидротехнического строительства была разработана и внедрена поточная технология подготовки взрыва: производство взрывчатых материалов на месте взрыва, системный контроль качества компонентов для производства ВВ и произведенных ВВ, механизированная транспортная схема доставочных работ, тщательное формирование заряда в минных штольнях большого сечения, забойка подходящих выработок.

5. В период заряжения в подземных выработках выполнен большой объем работ по инженерному обеспечению безопасности работ и людей, включающий двойную систему проведения, освещение, контроль за состоянием воздуха, влажностью и температурой в зарядных выработках.

6. В целях обеспечения противопожарных мероприятий велся температурный контроль за состоянием ВВ, уложенных в штабель, как по высоте, так и по длине штабеля. В зарядных выработках был смонтирован пожарный водопровод с автономным водоснабжением.

7. Поставка аммиачной селитры на пункт производства ВВ шла согласно разработанному графику. Производительность двух смесительных установок (ПСУ) составляла до 5тн гранулит РП в сутки. При этом имелись некоторые резервы по производительности.

8. Укладка ВВ в штабель производилась вручную с поддонов, доставляемых в забой погрузчиком с вилочным захватом ЛК-1. Хожение по уложенным мешкам с ВВ допускалось только по деревянным трапам.

Подготовкой и проведением крупномасштабного взрыва руководил специально созданный Штаб по подготовке и проведению крупномасштабного взрыва на строительстве Камбаратинс кой ГЭС-2. На заключительном этапе подготовки при штабе была создана межведомственная оперативная рабочая группа для контроля за выполнением организационно-технических мероприятий по обеспечению безопасности КМВ.

9. Подготовка и проведение крупномасштабного взрыва были выполнены строго по проекту. За подготовкой взрыва велся постоянный технологический контроль специалистами института «Гидро-спецпроект», а также исполнительный контроль со стороны ОАО «Электрические станции», ОАО «Нарынгидроэнергострой», ПИИ «Гидропроект». Замечаний не было.

10. Эвакуация населения из пос. Кара-Жыгач на время взрыва на эвакуопункт была проведена силами исполнительной власти Токтогульского района, МВД, МЧС и другими организациями очень хорошо, несмотря на сложные погодные условия в день взрыва.

11. Проведенная 20.22.2009 г. тренировка всех организаций, участвующих в подготовке КМВ, позволила в ненастную погоду провести все мероприятия по обеспечению безопасности КМВ в полном

объеме и в назначенное время. Никаких ЧП не произошло.

12. Примененная схема организации и управления подготовкой и проведением КМВ может быть рекомендована для решения подобных масштабных задач.

13. К недостаткам в подготовке и проведении КМВ следует отнести:

а. В связи с геологически сложной структурой массива оказался не выявленным потенциально-неустойчивый участок склона, примыкающий к воронке взрыва с западной стороны. При прохождении взрывной волны от первого заряда он реализовался в оползень, исказивший расчетную модель взрыва.

б. Примененная научная модель взрыва оказалась не вполне адекватной сложным геологическим условиям грунтового массива, что привело к неучтенным потерям энергии взрыва (до 30%).

с. При актуализации проекта КМВ основные положения (схема взрыва, форма и расположение зарядов) рабочей документацией 1990 года были оставлены без изменений.

14. Программа научных наблюдений выполнена в полном объеме.

15. Из четырех основных требований к крупномасштабному взрыву:

в возведение взрывонабросной плотины с отметками не ниже 956,00-960,00м;

- минимальный заброс грунтовых масс в подводящий канал с обеспечением пропуска воды на уровне 925,0-930,3 м;
- ограничение границы воронки взрыва на отметке 916,00 м с целью минимального нарушения нижележащего массива, в котором предполагается проходка дополнительного водопропускного туннеля;
- ограничение уровня сейсмического воздействия взрыва на сооружения гидроузла и другие охраняемые объекты, **выполнены успешно три последние, кроме первого, где взрывонабросная плотина проектных параметров не достигла, т.е. полученный навал имел среднюю отметку 929,0 м.**

17. Прогноз сейсмического действия взрыва, сделанный в 2008 г. после проведения серии опытных взрывов институтом «Гидроспецпроект», полностью подтвердился. Достаточного запаса для увеличения массы зарядов с целью резкого увеличения объема сброса грунта в тело плотины без проведения повреждения обделки СЭВ и других объектов нет. А состояние откосов в районе основных сооружений ГЭС не позволяет сделать этого, т.к. наблюдались вывалы крупных кусков фунтов и образование неустойчивых участков склона, особенно в районе водоприемника и выходного портала СЭВ.

18. Расчет опасной зоны по действию ядовитых газов взрыва требует корректировки.

19. Полигонные испытания гранулит РП после длительного хранения (до 4-х месяцев) показали, что взрывные характеристики ВВ не изменились и были не ниже указанных в технических условиях на применение. Испытания проводились по стандарт-

ным методикам. Результаты оформлены соответствующими многосторонними актами. В результате проведенных опытных взрывов было установлено:

19.1. Изменение скорости детонации.

19.1.1. Во всех опытных взрывах зарегистрирован детонационный режим.

19.1.2. Максимальная скорость распространения детонационной волны составила 3,75 км/с, что превышает величину детонации гранулита РП в ТУ 7276-028-1169278-2002 (около 3 км/с). Эту скорость можно считать предельной для гранулита РП.

19.1.3. С увеличением массы боевика от 1 кг до 4 кг начальная скорость детонации увеличилась, и при массе боевика в 4 кг начальная скорость детонации близка к предельной.

19.2. Регистрация ударной воздушной среды.

19.2.1. При всех опытных взрывах наружных зарядов гранулита РП была зарегистрирована ударная воздушная волна (у.в.в.), качественно аналогичная взрыву реперного наружного заряда аммонита 6ЖВ.

19.2.2. Амплитуды у.в.в. коррелируют с массами ВВ при взрывах, что свидетельствует о том, что детонация успешно передавалась от мешка гранулита РП к другому мешку, пристыкованному к нему.

19.2.3. По амплитудам воздушной волны установлено, что тротильный эквивалент зарядов гранулита РП такой же, как тротильный эквивалент реперного заряда аммонита 6ЖВ.

Проведенные исследования показали, что длительное хранение гранулита РП в мешках не привело к изменению потребительских качеств гранулита РП.

После крупномасштабного взрыва проектом было предусмотрено проведение работ по формированию гребня плотины. Однако форма фактически созданного навала значительно отличалась от прогнозной. Профиль навала вдоль русла был более распластан и значительно не доходит до проектной отметки гребня. Непрофильный материал навала, расположенный выше отм. 960 м, который предполагалось использовать для формирования гребня плотины, был недоступен в связи с большой разницей в отметках с фактическим гребнем навала. Для расширения площадки и отсыпки призмы плотины в верхний и нижний бьеф первоначально использовался материал навала из профильного объема, что помогло быстро нарастить безопасный профиль, но увеличило объем необходимой насыпи. Для того чтобы избежать дополнительной насыпи в тело плотины было принято решение использовать запасы галечника, расположенного на правом берегу в зоне размыва концевого сооружения СЭВ и в котловане концевого сооружения проектного шахтного водосброса. Рассев материала галечника из котлована шахтного водосброса показал, что этот материал по

составу и свойствам аналогичен галечнику карьера №7, за исключением некоторого увеличения содержания валунов. Тем не менее, этот галечник пригоден для отсыпки в тело плотины. При его разработке предварительно должна быть выполнена вскрыша карьера, то есть удаление покровных супесчано-суглинистых грунтов, перекрывающих галечник.

Необходимость отсыпки значительной части плотины определило обжатую форму ее профиля. Насыпь недостающей части плотины должна быть выполнена традиционным способом послойной укладки с уплотнением. Для насыпи может быть использован как материал навала, имеющий существенно больший коэффициент фильтрации. В связи с этим обстоятельством, камень должен укладываться в низовую призму плотины, где он будет, кроме того, играть роль дренажа.

Галечник, уложенный в верховую призму выше отметки 935,0 м слоями 1 м с уплотнением, является основанием для противофильтрационного экрана из пленки ПВХ, расположенного на верховой грани плотины. Галечник, уложенный таким образом является суффозионно устойчивым грунтом. В случае местного разрыва пленки, что возможно при деформации уплотненных пород, лежащих ниже отметки 935,0 м, слой галечника, имеющий относительно низкие, по сравнению с рваным камнем, коэффициент фильтрации, выполняет роль противофильтрационного, суффозионно устойчивого экрана. Для этого галечник на отметке 935,0 м должен иметь мощность не менее 20 м. Допускается также укладка галечника и в низкую часть профиля плотины вместо камня.

Ниже отметки 935 м галечник отсыпается в воду пионерным способом. Отсыпанный таким образом материал будет иметь меньшую плотность и более высокую фильтрационную способность. Для уменьшения инфильтрации воды через тело плотины на галечник отсыпается супесчано-суглинистый грунт вскрыши карьера галечника. Мощность материала вскрыши на отметке 935 м должен иметь мощность ≈ 2 м, при этом общий объем отсыпанного супесчано-суглинистого грунта составит около 25000 м<sup>3</sup>. Для оценки эффективности выполняемых противофильтрационных мероприятий регулярно, не реже 1 раза в неделю, измерялись расход воды, фильтрующий в основании низового клика плотины.

19.2.4. В этих условиях в срочном порядке рассмотрено два варианта обустройство противофильтрационного элемента рис.9, для перекрытия пути фильтрации через тело, основания и бортовых примыканий:

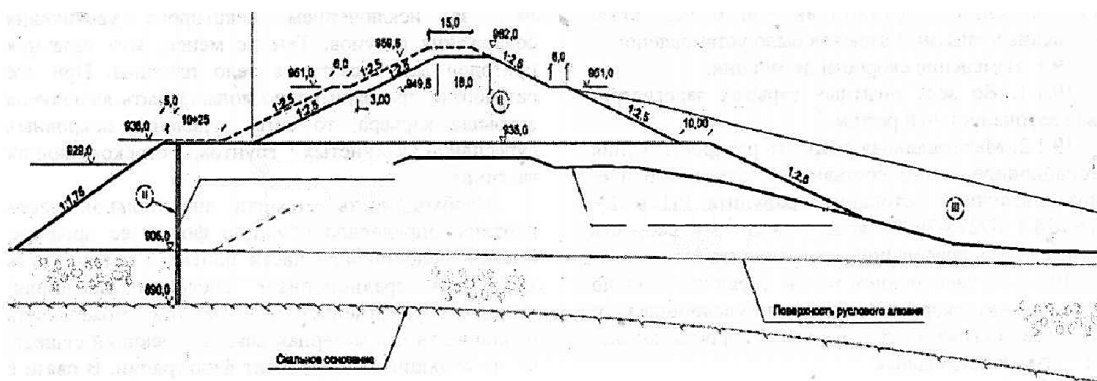


Рис. 9.

1. Вариант свайной стенки из секущихся свай называемой «стена в грунте» рис.10. «Стена в грунте» представляет собой сплошную монолитную конструкцию из глинобетона, выполненную в виде последовательно пробуренных свай, расположенных в одном створе от одного скального борта реки и другому. Сваи выполняются таким образом, что сечение одной частично перекрывает сечение соседних, образуя конструкцию переменной толщины от 0,60 до 1,0м.

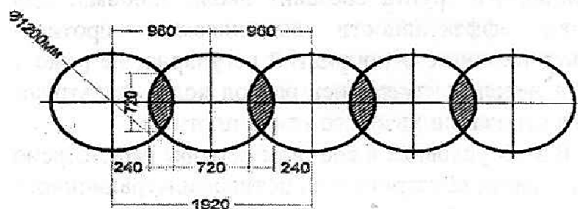
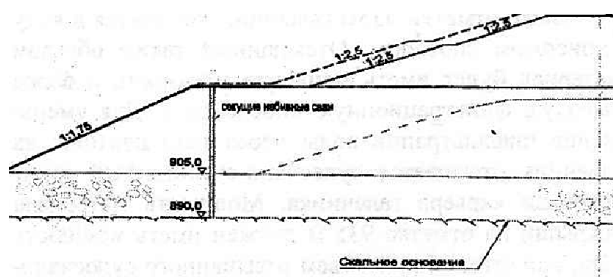


Рис.10.

**2. Вариант инъекционная завеса рис.11.**

Противофильтрационная инъекционная завеса состоит из 3-х рядов. Расстояние между рядами принято 2,0м расстояние между скважинами в ряду 3,0 м. Скважины располагаются в шахматной порядке, глубина скважин переменная от 10,0м до 48,60 м. Бурение скважин производится с заглублением на 2м в скальный массив. Диаметр скважины 76+146мм. Бурение и инъекция скважин производится в 3-этапа:

- 1 этап - 3-й скважин
- 2 этап - 1-й ряд скважин
- 3 этап - 2-й ряд скважин

Каждый ряд бурится и инъектируется в 2 очереди, а каждая скважина бурится и инъектируется по зонам глубиной 4 + 8 м. (пер = 6,0м)

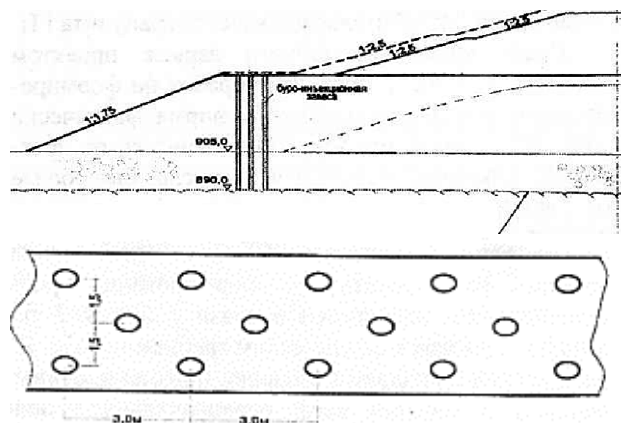


Рис.11.

Исходя из объемов предполагаемых работ, сроков их выполнения, технических возможностей организации и технологии производства работ, а также наличия парка необходимых машин (станки, оборудование и коммуникации), было принято решение приступить к выполнению варианта инъекционной завесы. Аналогичная работа была выполнено при обустройстве ограждающей перемычки котлована концевого сооружения строительного водосброса. В этом случае подготовительный период для перебазировки и сборки специализированного станка для производства работ «стена в грунте», практически не требовался. Кроме того, результаты сравнительного анализа экономической приемлемости, были также в пользу выбранного варианта.

Выше отметки 935м противофильтрационным элементом является уложенный на верховую грань плотины экран из пленки ПВХ, прикрытый галечником. Особое внимание уделено сопряжению инъекционной завесы с основанием и скальным бортом, а также закреплению пленки на скальном основании. Сопряжение должно быть водонепроницаемым для исключения высоких градиентов фильтрации в приконтактной зоне. Для этого скальное основание в полосе шириной 5м, на которую укладывается пленка, выравнивалось буром - взрывным способом. Минимальная глубина полосы от поверхности коренных пород 1м. Она имела плавное очертание по всей высоте. За переделами уложенной пленки открытый скальный борт вдоль края пленки



полосой шириной 10 м покрывался в набрызг бетоном.

Организация широкомасштабного комплекса строительно-монтажных и специальных работ по плотине, требовала оперативности, соблюдения технологической последовательности при их высокой интенсивности, что стало возможным благодаря полноценной инженерной подготовке и профессиональному выполнению всех видов работ. За короткий период были выполнены в полном объеме все основные работы по досыпке профиля плотины до проектных параметров и противofильтрационных мероприятий. Это позволило в июне 2010 года, через сутки после готовности напорного фронта плотины при отм. верхнего бьефа 950,0 м через строительно-эксплуатационный водосброс осуществить пропуск максимального расхода в объеме 1950 м<sup>3</sup>/с.

В течение 2010-2012 годов через створ Камбаратинской ГЭС-2 осуществлен пропуск 38217,14 млн. м<sup>3</sup> воды, в том числе, по строительно-эксплуатационному водосбросу 29180,00 млн. м<sup>3</sup>, через гидроагрегат на выработку электроэнергии 9029,00млн. м<sup>3</sup>. Фильтрация через тело и основания плотины составила 2-М- м<sup>3</sup>/с, что ниже допустимых параметров. Кривые депрессии через тело плотины, построенные по реально замеренным уровням воды в *пьезометрах, оказались ниже расчетных, что свидетельствует о высоком уровне выполненных работ.*

На основании выше изложенного можно отметить следующее:

1. С участием правительственных и государственных структур отработана и успешно реализована программа организационно - технических мероприятий по подготовке и производству *крупно-*

*масштабного взрыва по возведению плотины Камбаратинской ГЭС-2.*

2. Накопленный положительный практический опыт, несомненно, будет представлять особую ценность при подготовке и реализации проектов с использованием *крупномасштабного взрыва, в том числе,* для создания плотин, основания плотин и перемычек строительного периода.

3. *Опыт крупномасштабного взрыва при возведении плотины Камбаратинской ГЭС-2 показал высокую актуальность комплексного научно-технического и инженерного сопровождения аналогичных проектов, реализуемых методом крупномасштабного взрыва.*

#### Литература:

1. Камбаратинские ГЭС №1 и №2 на р. Нарын. Проект / Средазгидропроект. г. Ташкен 1988 г.
2. Камбаратинская ГЭС-2 на р. Нарын в Кыргызской Республике: Актуализация проекта / ООО «Гидроспец-проект», М., 2008г.
3. Камбаратинская ГЭС-2 на р. Нарын в Кыргызской Республике. Отчет о подготовке и проведении крупномасштабного взрыва по созданию взрывонабросной плотины Камбаратинской ГЭС-2. / ЗАО «Корпорация Союзгидроспецстрой» ООО «СПИИ Гидроспецпроект» М., 2010г.
4. Шуйфер М.И., Аргал Э.С. «Создание плотины Камбаратинской ГЭС-2 крупномасштабным взрывом: анализ опыта и уроки проектирования Гидротехническое строительство 2011 №12.
5. Камбаратинская ГЭС-2 на р. Нарын в Кыргызской Республике: Отчет «Техническое сопровождение проектных и строительных работ» / ООО «Гидроспецпроект» М. 2010 г.

Рецензент: д.т.н., профессор Осмонов Ы.Ж.