



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.

(21)(22) Заявка: **2010120144/21, 19.05.2010**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.05.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **19.05.2010**

(45) Опубликовано: **20.05.2011** Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2224067 C2, 20.02.2004. SU 1296674 A1, 15.03.1987. SU 1330238 A1, 15.08.1987. SU 1121348 A, 30.10.1984. US 2961731 A, 29.11.1960.**

Адрес для переписки:

**660012, г.Красноярск, ул. Судостроительная,
123, кв.73, В.П. Ягину**

(72) Автор(ы):

Ягин Василий Петрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

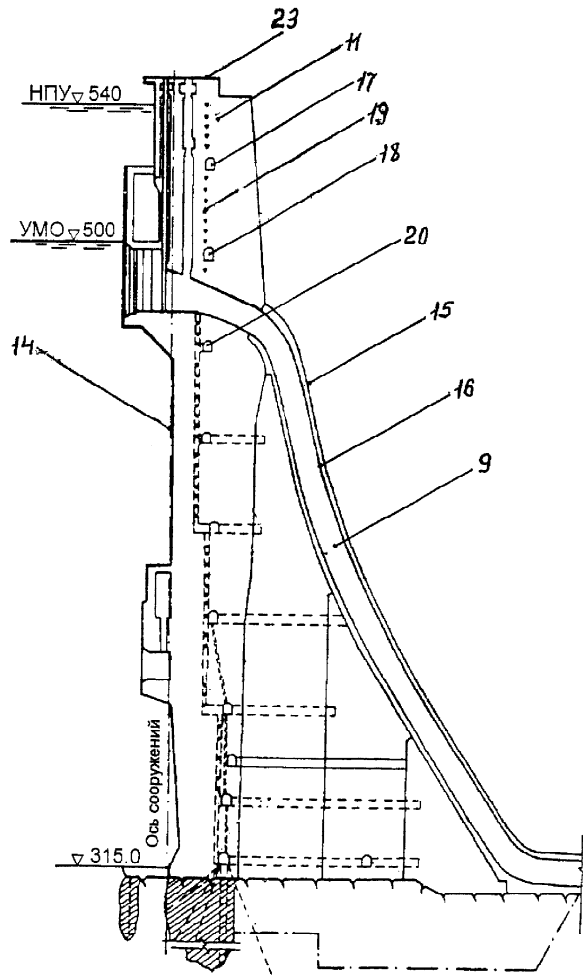
Ягин Василий Петрович (RU)

(54) СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ БЕТОННОЙ АРОЧНО-ГРАВИТАЦИОННОЙ ПЛОТИНЫ, НАХОДЯЩЕЙСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области гидротехники и может быть использовано при эксплуатации бетонной арочно-гравитационной плотины преимущественно в суровых климатических условиях. Способ включает снижение максимального безопасного уровня воды перед плотиной, против ранее установленного такого уровня, и осуществление теплового воздействия средствами на тело верхнего арочного пояса и на вмещающие горные породы в местах примыкания пят верхнего арочного пояса. Тепловое воздействие производят

интенсивностью, обеспечивающей при уровнях воды перед плотиной, близких к сниженному максимальному безопасному уровню, уменьшение растягивающих напряжений в бетоне у верховой (напорной) грани плотины до безопасной величины. Уменьшаются растягивающие напряжения в бетоне у верховой грани плотины и в горных породах основания, необратимые перемещения гребня плотины в сторону нижнего бьефа, сжимающие напряжения в железобетонной облицовке турбинных водоводов, асимметричность перемещений гребня плотины и объемы работ. 8 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг. 3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

According to Art. 1366, par. 1 of the Part IV of the Civil Code of the Russian Federation, the patent holder shall be committed to conclude a contract on alienation of the patent under the terms, corresponding to common practice, with any citizen of the Russian Federation or Russian legal entity who first declared such a willingness and notified this to the patent holder and the Federal Executive Authority for Intellectual Property.

(21)(22) Application: **2010120144/21, 19.05.2010**

(24) Effective date for property rights:
19.05.2010

Priority:

(22) Date of filing: **19.05.2010**

(45) Date of publication: **20.05.2011 Bull. 14**

Mail address:

**660012, g.Krasnojarsk, ul. Sudostroitel'naja,
123, kv.73, V.P. Jaginu**

(72) Inventor(s):

Jagin Vasilij Petrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Jagin Vasilij Petrovich (RU)

(54) METHOD TO INCREASE RELIABILITY OF CONCRETE ARC-GRAVITY DAM IN OPERATION

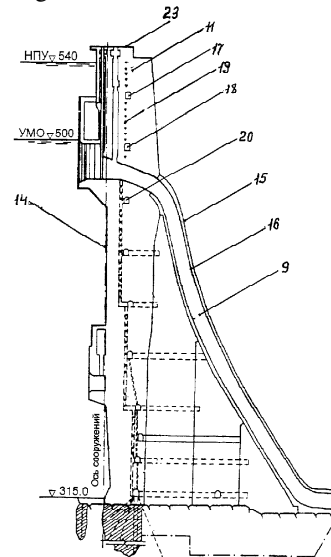
(57) Abstract:

FIELD: construction.

SUBSTANCE: method includes reduction of maximum safe level of water in front of dam, opposite to such earlier set level, and thermal treatment of the upper arc belt body and holding rocks with facilities in areas of the upper arc belt soles adjacency. Thermal treatment is carried out with intensity that provides for reduction of stretching stresses in concrete near upper (discharge) face of dam down to the safe value at the water levels in front of the dam close to reduced maximum safe level.

EFFECT: reduced stretching forces in concrete near upper face of dam and in rocks of base, irreversible movements of dam rib towards lower reach, compressible tensions in reinforced concrete facing of turbine water ducts, asymmetrical movements of dam rib and scope of works.

9 cl, 4 dwg



Фиг. 3

RU 2 4 1 8 9 1 1 C 1

RU 2 4 1 8 9 1 1 C 1

Изобретение относится к области гидротехники и может быть использовано при эксплуатации бетонной арочно-гравитационной плотины преимущественно в суровых климатических условиях.

Бетонная арочно-гравитационная плотина имеет в плане криволинейный вид, а ее устойчивость и прочность обеспечиваются в основном действием собственного веса и частично работой плотины как свода с передачей нагрузки на скальные берега - борта ущелья.

Такая плотина является переходным типом между гравитационной и арочной плотиной, и она до настоящего времени имеет ограниченное распространение в мире. В России бетонная арочно-гравитационная плотина входит в состав двух действующих гидроэлектростанций: Гергебильской (Республика Дагестан) и Саяно-Шушенской (Республика Хакасия). Первая плотина возведена в узком ущелье, имеет длину по гребню $L=75$ м, высоту $H=70$ м и $L/H=1,07$. Вторая плотина возведена при значительной ширине ущелья, ее длина $L=1066$ м, высота $H=245$ м, ширина по основанию $B=105,7$ м, ширина по гребню $b=25$ м и $L/H=4,35$. Плотина настолько массивна, что даже при исчезновении арочного эффекта (полное раскрытие межсекционных швов) устойчивость ее секций на сдвиг по контакту со скалой обеспечивается, а именно коэффициент запаса на устойчивость русловых секций плотины против сдвига составляет 1,62 с учетом арочного эффекта и 1,35 без учета арочного эффекта [1, стр.18-22].

Основной недостаток арочно-гравитационной плотины заключается в том, что при эксплуатации высокой плотины в относительно широком ущелье в нижней части верховой (напорной) грани в бетоне с неизбежностью возникают растягивающие напряжения, которые превосходят безопасную (допустимую) величину. Эти напряжения приводят к бессистемному и опасному раскрытию горизонтальных трещин на верховой грани плотины, разуплотнению горных пород основания под верховым технологическим столбом плотины и раскрытию контакта «скала-бетон», что обуславливает необходимость проведения ремонтных работ. Эти весьма сложные и недостаточно эффективные работы необходимы для подавления в растянутой зоне плотины и ее основании высоконапорной, порою «кинжальной» фильтрации, разрушающей бетон плотины и горные породы основания. Все это в существенной мере снижает надежность плотины при ее эксплуатации [1, стр.115-143].

Другие недостатки, которые могут проявиться при эксплуатации такой плотины, заключаются

- в высоких максимальных и необратимых перемещениях гребня плотины в сторону нижнего бьефа;
- в асимметричности перемещений гребня плотины в сторону нижнего бьефа;
- в высоких сжимающих напряжениях в железобетонной облицовке турбинных водоводов;
- в высоких объемах ремонтных работ и затрат на их производство.

Известен способ повышения надежности бетонной, в том числе и арочно-гравитационной плотины, согласно которому регулирование напряженного состояния плотины производят путем подогрева в холодное время года ее наружной части, примыкающей к низовой грани. Этот подогрев производят посредством подачи по трубопроводам в поярусно расположенные в этой наружной части трубчатые теплообменники воды с температурой, превышающей среднесезонную температуру наружного воздуха местности, что обеспечивает целенаправленное дополнительное обжигание бетона верховой грани плотины до 2-3 МПа и обжигание

горных пород в ее основании [2].

Известный способ при эксплуатации плотины может быть реализован только в том случае, если при возведении плотины в ее теле в нужном месте и по особым правилам были заложены средства для подогрева бетона, т.е. трубчатые теплообменники.

5 Известен способ, согласно которому плотину при эксплуатации снабжают ограждающей конструкцией, теплозащитное покрытие которой вместе с низовой гранью плотины образует отапливаемую греющими средствами полость, вмещающую в себя все турбинные водоводы и водосливную поверхность водосброса и
10 обеспечивающую поддержание у низовой грани плотины положительную температуру в течение всего года. Этим самым для всей низовой грани плотины создают искусственный климат, чем и обеспечивается в бетоне низовой грани плотины, турбинных водоводов и водослива водосброса искусственный температурно-
15 влажностный режим, близкий к оптимальному режиму, а именно температура в полости всегда положительна, а сама полость защищена от атмосферных осадков. В результате чего многократно уменьшаются температурные деформации в бетоне, повышается его морозостойкость, причем при полном отсутствии циклов переменного замораживания и оттаивания бетона. Одновременно с этим такое тепловое
20 воздействие на плотину обеспечивает целенаправленное дополнительное обжигание бетона верховой грани плотины и горных пород в ее основании [3].

Этот способ так же может обеспечить обжигание верховой грани плотины до 2-3 МПа. Однако способ сложный, затратный и недостаточно для использования исследован.

25 Общеизвестен простой и надежный способ, согласно которому надежность плотины любого типа, находящейся в эксплуатации, повышают путем снижения максимального безопасного (допустимого) уровня воды, против ранее установленного такого уровня. Это снижает гидростатическую нагрузку на плотину.

30 Этот способ на Саяно-Шушенской ГЭС имени П.С.Непорожного (далее: СШГЭС) уже частично реализован. С 1997 года НПУ снижен на 1 м, с 540 м до 539 м [1, стр.122]. Одновременно предпринимается попытка снизить ФПУ на 4 м, с 544 м до 540 м, что посредством водосбросных сооружений, существующих и дополнительно возводимых, реализовать проблематично [1, стр.148-150].

35 Известны предложения о дальнейшем более существенном снижении НПУ и ФПУ, т.е. максимальных безопасных уровней воды перед плотиной, что связано как с техническими сложностями из-за неприспособленности водосбросных сооружений к этому, так и с исключительно высокими многосторонними экономическими
40 издержками. При этом после аварии на СШГЭС, произошедшей 17 августа 2009 года, появились совсем пессимистические прогнозы, о том, что «в данное время снижение уровня на 23-25 м от максимального уже не сможет дать необходимого эффекта» [4].

Предлагаемое изобретение, как будет показано ниже, так же может быть реализовано только при условии дальнейшего, но относительного не высокого, всего
45 на 2-4 м, снижения НПУ и ФПУ.

Задачей, на решение которой направлено предлагаемое изобретение, является повышение надежности бетонной арочно-гравитационной плотины, находящейся в эксплуатации, и экономия средств. Технический же результат заключается в
50 уменьшении

- растягивающих напряжений в бетоне у верховой грани плотины и в горных породах основания плотины;
- максимальных и необратимых перемещений гребня плотины в сторону нижнего

бьефа;

- асимметричности перемещений гребня плотины в сторону нижнего бьефа;
- сжимающих напряжений в железобетонной облицовке турбинных водоводов до безопасной величины;
- объемов работ при осуществлении способа.

Указанная задача решается, а технический результат достигается тем, что в способе повышения надежности бетонной арочно-гравитационной плотины, находящейся в эксплуатации, сначала перед плотиной снижают максимальный безопасный уровень воды, против ранее установленного такого уровня, затем производят тепловое воздействие средствами на тело верхнего арочного пояса и на вмещающие горные породы в местах примыкания пят верхнего арочного пояса. Тепловое воздействие производят интенсивностью, обеспечивающей при уровнях воды перед плотиной, близких к сниженному максимальному безопасному уровню, уменьшение растягивающих напряжений в бетоне у верховой (напорной) грани плотины до безопасной величины.

Дополнительно:

- в случае, когда верхний арочный пояс содержит продольную галерею и канавки дренажа, тепловое воздействие на верхний арочный пояс производят путем обогрева полостей продольной галереи и канавок дренажа;

- тепловое воздействие на горные породы производят посредством тепловых скважин;

- в случае, когда в месте примыкания верхнего арочного пояса в горных породах расположен участок продольной галереи, тепловое воздействие на горные породы производят путем обогрева полости этого участка;

- в случае, когда на низовой грани плотины расположены турбинные водоводы, каждый из которых состоит из металлической оболочки и железобетонной облицовки и жестко скреплен с плотиной, тепловое воздействие производят интенсивностью, обеспечивающей при уровнях воды перед плотиной, близких к сниженному максимальному безопасному уровню воды, уменьшение сжимающих напряжений в железобетонной облицовке турбинных водоводов до безопасной величины;

- обогрев полостей продольной галереи и канавок дренажа производят теплым воздухом;

- при тепловом воздействии на горные породы одновременно производят тепловое воздействие на пяты верхнего арочного пояса;

- тепловая скважина содержит заглушенную снизу металлическую трубу, которая заполнена водой, подогреваемой омическим электронагревателем;

- в теплый период года обогрев полостей производят наружным атмосферным воздухом.

Снижение максимального безопасного уровня воды перед плотиной, против ранее установленного такого уровня, обеспечивает снижение сжимающих напряжений в верхнем арочном поясе от гидростатической нагрузки. Это снижение необходимо для того, чтобы при осуществлении теплового воздействия на тело верхнего арочного пояса и на вмещающие горные породы, сжимающие напряжения в верхнем арочном поясе не превысили безопасную величину. Именно в результате теплового воздействия, постоянно осуществляемого по указанным правилам, произойдет сжатие верхнего арочного пояса и его прогиб в сторону верхнего бьефа, что обеспечит достижение ранее указанного технического результата.

Изобретение на примере плотины СШГЭС поясняется следующими чертежами:

- на фиг.1 изображен план гидротехнических сооружений СШГЭС [1, стр.20];
 - на фиг.2 - вид на СШГЭС со стороны нижнего бьефа [1, стр.18];
 - на фиг.3 - поперечный разрез по станционной части плотины [1, стр.78];
 - на фиг.4 - правобережное примыкание плотины, разрез вдоль продольных
 5 галерей [5].

Бетонная арочно-гравитационная плотина СШГЭС по длине состоит из 4 частей: правобережная глухая 1, водосбросная 2, станционная 3 и левобережная глухая 4 (фиг.1). В нижнем бьефе плотины водосбросная часть 2 содержит водобойный
 10 колодец 5, водобойную стенку 6 и рисберму 7, а станционная часть - здание ГЭС 8. Выше водоводов турбинных 9 и водосбросных 10 по всей длине плотины конструктивно, а при возведении и технологически выделяется верхний арочный пояс (далее: арочный пояс) 11, пяты 12 которого упираются (примыкают) в горные породы (скалу) 13 (фиг.2 и 3). Этот арочный пояс 11 имеет вид круговой арки,
 15 имеющей по верховой грани радиус 600 м и центральный угол 102°.

Надежность такой плотины, находящейся более 25 лет в эксплуатации, по предлагаемому изобретению может быть повышена следующим путем.

Сначала перед плотиной на 3-5 м снижают максимальный безопасный уровень
 20 воды перед плотиной, например НПУ, против изначально установленного на отметке 540 м, т.е. до отметке 537-535 м. Это на 2-4 м ниже однажды уже сниженного НПУ до отметки 539 м. Затем производят тепловое воздействие на тело верхнего арочного пояса 11 и вмещающие горные породы 13 в местах примыкания к ним пят 12.

Тепловое воздействие производят интенсивностью, обеспечивающей при уровнях
 25 воды перед плотиной, близких к НПУ=537-535 м, уменьшение до безопасных величин растягивающих напряжений в бетоне нижней части верховой (напорной) грани 14 и сжимающих напряжений в железобетонной облицовке 15, покрывающей металлическую оболочку 16 турбинных водоводов 9.

Тепловое воздействие производят средствами путем обогрева:

- полостей продольных галерей 17 и 18, расположенных в арочном поясе 11;
 - полостей канавок дренажа 19, расположенных в верхнем арочном поясе 11;
 - горных пород 13, вмещающих обе пяты 12 арочного пояса 11, и глухие части
 30 плотины правобережную 1 и левобережную 4 выше продольной галереи 20

35 посредством тепловых скважин 21 (фиг.4);

- полостей участков 22 продольной галереи 20, расположенной в горных породах 13 в местах примыкания к ним арочного пояса 11.

Основными средствами обогрева бетона арочного пояса 11 являются продольные
 40 галереи 17 и 18 и канавки дренажа 19, в полостях которых поддерживают температуру на 10-20°C выше их бытовой температуры, которая положительна и равна около 2-3°C [6]. Обогрев полостей продольной галереи и канавок дренажа производят теплым воздухом, причем в теплый период года обогрев производят непосредственно наружным атмосферным воздухом, имеющим положительную естественную
 45 температуру.

Основным средством обогрева горных пород 13 являются тепловые скважины 21, каждая из которых содержит заглушенную снизу металлическую трубу, которая
 50 заполнена водой и подогревается омическим электронагревателем (не показаны). В качестве электронагревателя может быть использован греющий кабель. В этом случае металлическая труба может не заполняться водой.

Особенности состояния и работы находящейся в эксплуатации плотины СШГЭС при повышении надежности плотины предлагаемым способом заключается в

следующем.

1. Сжимающие арочные напряжения в бетоне верховой грани 14 ключевой (русловой) секции при полной нагрузке достигли 10,7, т.е. напряжения превысили проектное значение 10 МПа [1, стр.113].

2. Напряжения сжатия в железобетонной облицовке 15 турбинного водовода 9, вызванные продольной силой, в отдельных случаях превышают предел прочности бетона на сжатие. Рост этой продольной силы обусловлен необратимыми перемещениями плотины [7].

3. В 2006 году в секции 33 максимальные радиальные перемещения гребня 23 плотины достигли 141,5 мм и, как и в секциях 18 и 45, вплотную приблизились к их критериям [8].

4. Арочный эффект (кривизна плотины в плане) уменьшает равнодействующую гидростатического давления на плотину при НПУ приблизительно на 25%. Однако при снижении уровня воды перед плотиной доля арочного эффекта, обуславливающего сжимающие арочные напряжения при восприятии гидростатического давления, значительно уменьшается [1, стр.19, 113-115].

5. Качество бетона плотины СШГЭС выше по всем показателям, чем предполагалось проектом. Причем прочность бетона на сжатие превышает проектные предположения в большинстве исследований на 30% [1, стр.101-107]. Это обстоятельство позволяет пересмотреть в сторону увеличения безопасную величину сжимающих напряжений в арочном поясе 11.

Эти особенности состояния и работы плотины определяют сущность и особенности предлагаемого способа, которые при его воспроизводстве заключаются в следующем.

1. Снижение НПУ, сопровождаемое уменьшением в целом гидростатического давления на плотину и уменьшением доли арочного эффекта в плотине, и увеличение безопасной величины сжимающих напряжений в арочном поясе 11 позволяют тепловым воздействием на тело арочного пояса 11 и на горные породы 13 искусственно повысить сжимающие напряжения в этом поясе 11.

2. В результате вышеуказанного теплового воздействия происходит сжатие арочного пояса 11 и его прогиб в сторону верхнего бьефа.

3. Арочный пояс 11 силами сцепления и трения скреплен с нижерасположенными арочными поясами. Поэтому при прогибе арочного пояса 11 происходит уменьшение растягивающих напряжений в бетоне у верховой грани 14 плотины и в горных породах основания 13, уменьшение необратимых перемещений гребня 23 плотины в сторону нижнего бьефа и уменьшение сжимающих напряжений в железобетонной облицовке 15 турбинных водоводов 9.

4. Неоднородность горных пород 13 и неравномерность воздействия солнечной радиации на глухие части плотины, правобережную 1 и левобережную 4, а также технологические особенности возведения плотины оказывают влияние на напряженно-деформированное состояние плотины и обуславливают асимметричность перемещений гребня 23 плотины в сторону нижнего бьефа. Эта асимметричность может быть уменьшена соответствующей разницей в интенсивности температурного воздействия на пяты 12 и образующие берега горные породы 13.

Возможность и целесообразность использования предложенного изобретения на СШГЭС уже в своей постановке связана с решением весьма сложных инженерных задач. Во-первых, необходим специальный анализ всех имеющихся наблюдений и расчетных исследований для принятия решения о необходимости дальнейшего снижения НПУ ниже уже сниженного до отметки 539 м. Во-вторых, необходима

вариантная проработка предложенного теплового воздействия на плотину и на вмещающие ее горные породы 13 и всесторонняя оценка результатов каждого варианта.

5 Ниже даем приближенную количественную оценку предложенного способа повышения надежности плотины СШГЭС. При этом для начала рассматриваем два крайних случая.

Первый крайний случай. Температура тела верхнего арочного пояса равномерно повышена на Δt °С, причем без изменения положения пят и начальной длины S_n верховой грани арочного пояса. То есть температурному линейному расширению бетона полностью противостоит увеличение в бетоне сжимающих напряжений $\Delta\sigma$ вдоль арочного пояса.

15 Температурный коэффициент линейного расширения бетона $\alpha_6=0,9 \cdot 10^{-5}/^\circ\text{C}$, модуль упругости бетона $E_6=40000$ МПа. Закон Гука имеет вид $\sigma=\varepsilon E$. Учитывая, что величина относительного удлинения $\varepsilon=\alpha_6\Delta t$, имеем $\Delta\sigma=\alpha_6\Delta t E_6=0,9 \cdot 10^{-5} \cdot 40000 \cdot \Delta t=0,36 \cdot \Delta t$ МПа/°С. При $\Delta t=5^\circ\text{C}$ имеем $\Delta\sigma=1,8$ МПа.

Второй крайний случай. Температура тела верхнего арочного пояса равномерно повышена также на $\Delta t=5^\circ\text{C}$, причем без изменения положения пят и без увеличения в бетоне сжимающего напряжения $\Delta\sigma$ вдоль арочного пояса. То есть при температурном линейном расширении бетона начальная длина верховой грани (хорды) S_n арочного пояса увеличилась до конечной длины S_k , а сам арочный пояс свободно прогнулся в сторону верхнего бьефа.

25 Арочный пояс по верховой грани имеет начальные радиус $R=600$ м и центральный угол $\alpha=102^\circ$. С использованием математической таблицы (дуги, стрелки, хорды и площади сегмента) определяем начальные длины дуги $S_n=1,7802 \times 600=1068,12$ м, стрелки $h_n=0,3707 \times 600=222,42$ м и хорды $l_n=1,5543 \times 600=932,58$ м. Определяем температурное увеличение длины дуги $\Delta S=S_n\alpha_6\Delta t=1068 \times 0,9 \times 10^{-5} \times 5=0,048$ м. Тогда конечная длина дуги $S_k=S_n+\Delta S=1068,12+0,048=1068,168$ м. Далее при неизменной длине хорды $l_n=932,58$ м и конечной длине дуги $S_k=1068,168$ м расчетом установлено увеличение стрелки $\Delta h \approx 4$ см, т.е. крайняя, практически невероятная величина прогиба арочного пояса 11 в сторону верхнего бьефа.

35 Действительное положение арочного пояса 11 будет находиться между этими двумя крайними случаями, при этом длина хорды l_n скорее всего не будет постоянной. Однако даже такой оценочный расчет позволяет предположить, что в случае воспроизводства на СШГЭС предложенного способа продольные напряжения сжатия в арочном поясе увеличатся, против бытовых напряжений при сниженном НПУ, примерно на 1 МПа, а прогиб арочного пояса в сторону верхнего бьефа составит около 2 см.

45 Именно эти искусственные обстоятельства значительно увеличивают долю арочного эффекта как в верхнем арочном поясе, так и в плотине в целом. Этим самым обеспечивается достижение ранее указанного технического результата, прежде всего: уменьшение растягивающих напряжений в бетоне у верховой грани плотины и в горных породах ее основания и уменьшение сжимающих напряжений в железобетонной облицовке турбинных водоводов.

Источники информации

50 1. Брызгалов В.И. Из опыта создания и освоения Красноярской и Саяно-Шушинской гидроэлектростанций. Производственное издание. - Красноярск: Сибирский издательский дом «Суриков», 1999.

2. Патент Российской Федерации №2224067, кл. E02B 7/00, опубл. 20.02.2004.

3. Ягин В.П. Турбинное водопроводящее сооружение//Гидротехническое строительство, 2005, №7.

5 4. Павел Корнилаев. Трещины в плотине могут привести к трещинам в стране // Красноярский рабочий, №60 от 07.04.2010.

5. Гидротехническое строительство, 2008, №11, стр.67, рис.5 с дорисовкой (номер полностью посвящен Саяно-Шушенской ГЭС).

10 6. Брызгалова В.И. Гидроэлектростанции: Учеб. пособие / В.И.Брызгалова, Л.А.Гордон. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002, стр.279, рис.7.12.

7. Пермякова Л.С., Рассказчиков В.А., Уляшинский В.А., Епифанов А.П. Напряженно-деформированное состояние элементов напорного тракта турбин Саяно-Шушенской ГЭС // Гидротехническое строительство, 2008, №11.

15 8. Епифанов А.П., Стефаненко Н.И. Из опыта организации безопасной эксплуатации Саяно-Шушенской арочно-гравитационной плотины // Гидротехническое строительство, 2008, №11.

Формула изобретения

20 1. Способ повышения надежности бетонной арочно-гравитационной плотины, находящейся в эксплуатации, характеризующийся тем, что сначала перед плотиной снижают максимальный безопасный уровень воды, против ранее установленного такого уровня, затем осуществляют тепловое воздействие средствами на тело верхнего арочного пояса и на вмещающие горные породы в местах примыкания пят верхового
25 арочного пояса, причем тепловое воздействие производят интенсивностью, обеспечивающей при уровнях воды перед плотиной, близких к сниженному максимальному безопасному уровню, уменьшение растягивающих напряжений в бетоне у верховой (напорной) грани плотины до безопасной величины.

30 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в случае, когда верхний арочный пояс содержит продольную галерею и канавки дренажа, тепловое воздействие на верхний арочный пояс производят путем обогрева полостей продольной галереи и канавок дренажа.

35 3. Способ по п.1, отличающийся тем, что тепловое воздействие на горные породы производят посредством тепловых скважин.

40 4. Способ по п.1, отличающийся тем, что в случае, когда в месте примыкания верхнего арочного пояса в горных породах расположен участок продольной галереи, тепловое воздействие на горные породы производят путем обогрева полости этого участка.

45 5. Способ по п.1, отличающийся тем, что в случае, когда на нижней грани плотины расположены турбинные водоводы, каждый из которых состоит из металлической оболочки и железобетонной облицовки и жестко скреплен с плотиной, тепловое воздействие производят интенсивностью, обеспечивающей при уровнях воды перед
плотиной, близких к сниженному максимальному безопасному уровню воды, уменьшение сжимающих напряжений в железобетонной облицовке турбинных водоводов до безопасной величины.

50 6. Способ по п.2, отличающийся тем, что обогрев полостей продольной галереи и канавок дренажа производят теплым воздухом.

7. Способ по п.3, отличающийся тем, что при тепловом воздействии на горные породы одновременно производят тепловое воздействие на пяты верхнего арочного пояса.

8. Способ по п.3, отличающийся тем, что тепловая скважина содержит заглушенную снизу металлическую трубу, которая заполнена водой, подогреваемой омическим электронагревателем.

5 9. Способ по п.6, отличающийся тем, что в теплый период года обогрев полостей производят наружным атмосферным воздухом.

10

15

20

25

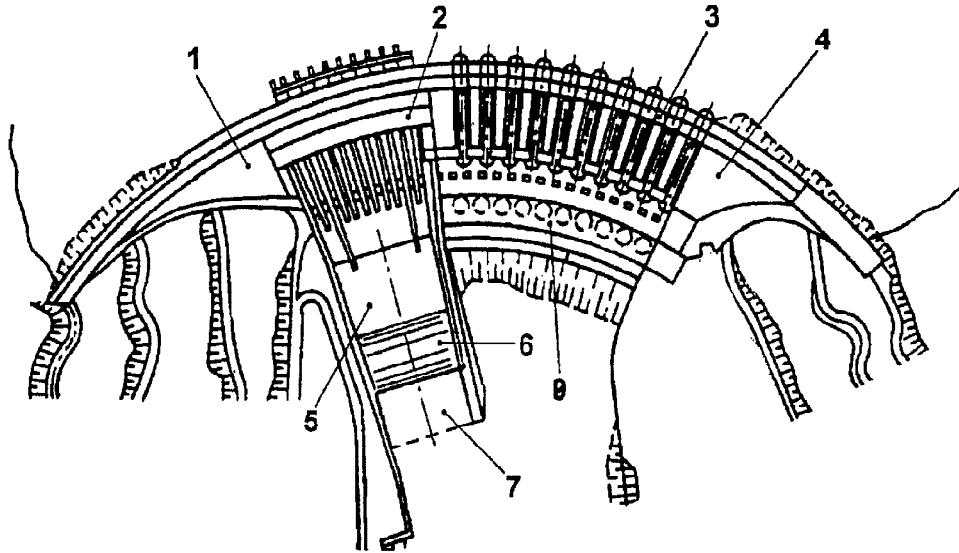
30

35

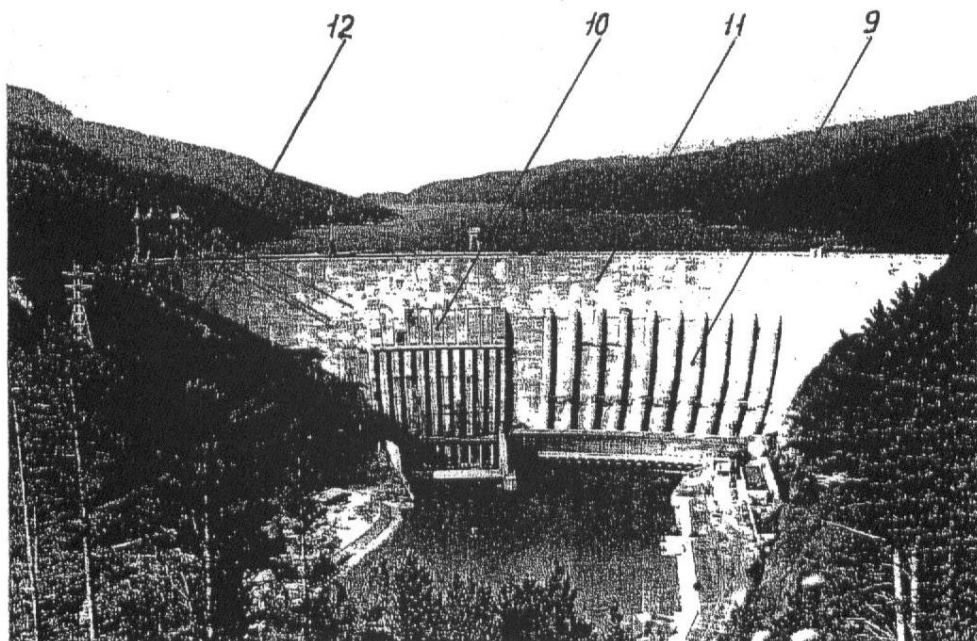
40

45

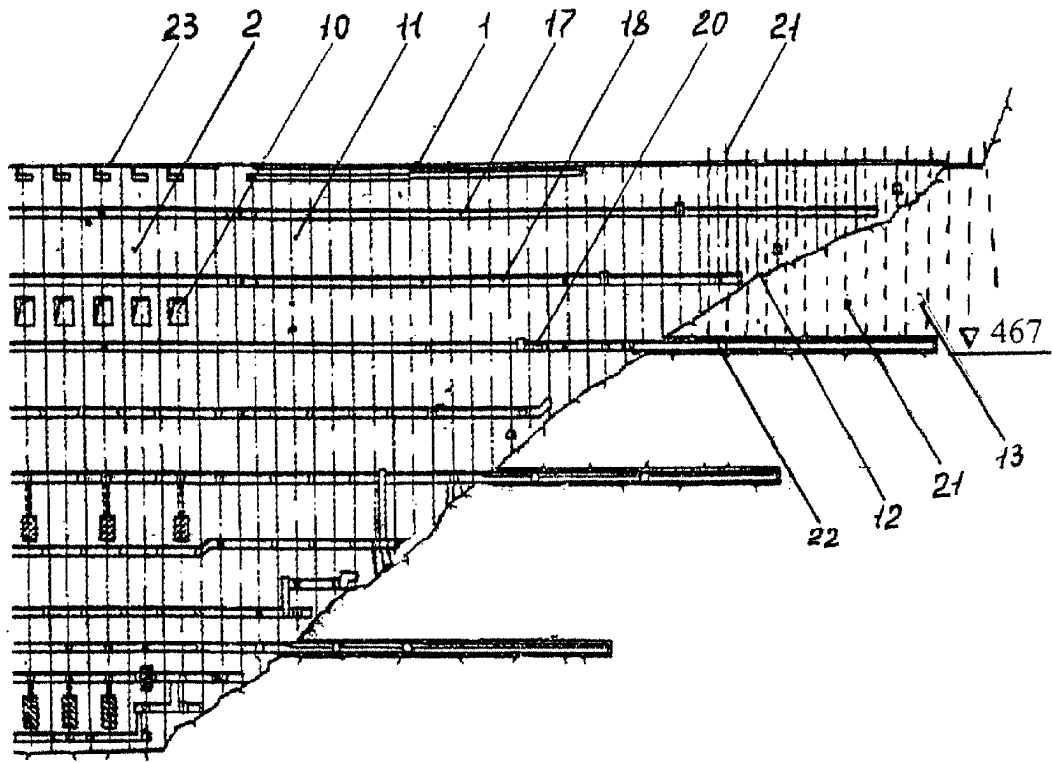
50



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 4