



**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: **2010124230/03, 11.06.2010**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.06.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **11.06.2010**

(45) Опубликовано: **27.11.2011** Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2224067 С2, 20.02.2004. SU 1296674 А1, 15.03.1987. SU 1121348 А, 30.10.1984. SU 1330238 А1, 15.08.1987. US 2961731 А, 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):

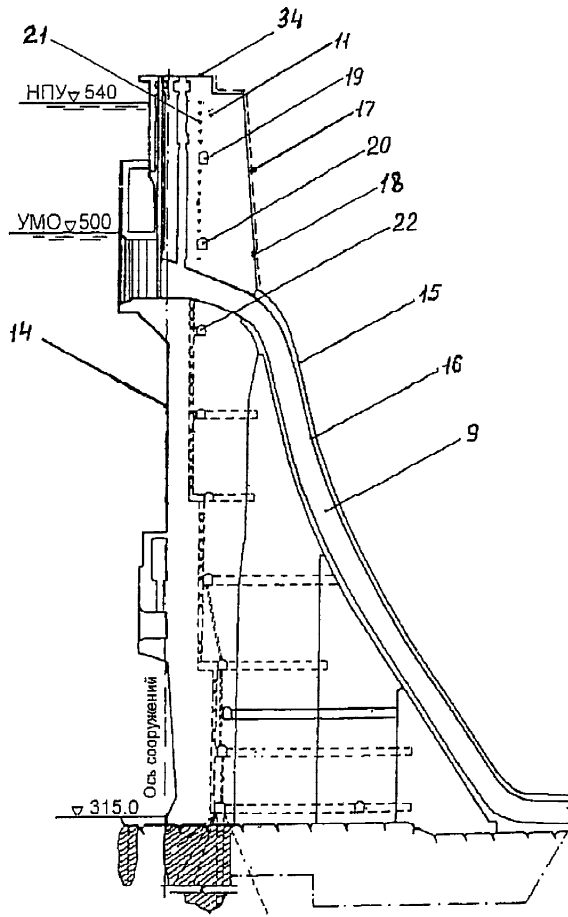
Ягин Василий Петрович (RU)

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

(57) Реферат:

Изобретение относится к области гидротехнического строительства и эксплуатации бетонных арочно-гравитационных плотин, преимущественно в суровых климатических условиях. В способе сначала перед плотиной снижают максимальный безопасный уровень воды, против ранее установленного такого уровня. На верхний арочный пояс и на вмещающие горные породы в местах примыкания пят верхового арочного пояса производят тепловое воздействие. На арочный пояс тепловое воздействие производят путем обогрева его полостей и посредством теплозащитной конструкции, которую

располагают, по меньшей мере, со стороны низовой грани арочного пояса. На вмещающие горные породы - посредством выполненных в горных породах тепловых скважин. Тепловое воздействие производят интенсивностью, обеспечивающей уменьшение растягивающих напряжений в бетоне у верховой (напорной) грани плотины. Теплозащитную конструкцию выполняют в виде ограждающей конструкции, образующей у низовой грани арочного пояса обогреваемую полость, или в виде теплозащитного покрытия, содержащего слой теплоизоляционного материала и/или слой утепляющей краски. Изобретение позволяет повысить надежность плотины и уменьшить эксплуатационные расходы. 13 з.п. ф-лы, 6 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: **2010124230/03, 11.06.2010**

(24) Effective date for property rights:
11.06.2010

Priority:

(22) Date of filing: **11.06.2010**

(45) Date of publication: **27.11.2011 Bull. 33**

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 GRAVITATION DAM UNDER OPERATION

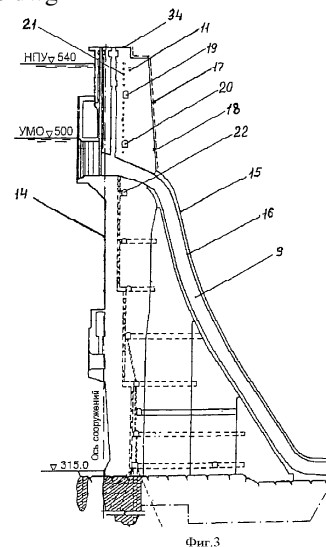
(57) Abstract:

FIELD: construction.

SUBSTANCE: in the method at first the maximum safe water level is reduced in contrast to such previously established level. The upper arc belt and host rocks in areas of adjacency of the upper arc belt are exposed to heat. The arc belt is exposed to heat by means of its heating of its cavities and by means of a heat protective structure, which is arranged at least at the side of the lower face of the arc belt. Host rocks are exposed to heat by means of thermal wells arranged in rocks. Exposure to heat is carried out with intensity that provides for reduced stretching stresses in the concrete near the upper (discharge) face of the dam. The heat protective structure is arranged in the form of a barrier structure that forms a heated cavity near the bottom face of the arc belt, or in the form of a heat protective coating comprising a layer of a heat insulating material and/or a layer of an insulating paint.

EFFECT: invention makes it possible to increase reliability of the dam and to reduce operational expenses.

14 cl, 6 dwg



RU 2 434 993 C1

RU 2 434 993 C1

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 Хакассия). 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 приводит к 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 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, скрепленных с телом плотины;
- в высоких объемах ремонтных работ и затрат на их производство и недостаточная их эффективность.

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 бетона возле ее низовой грани. Этот подогрев производят посредством подачи по трубопроводам в поярусно расположенные в этой наружной части трубчатые теплообменники воды с температурой, превышающей среднегодовую температуру наружного воздуха местности, что может обеспечить целенаправленное дополнительное обжигание бетона

верховой грани плотины до 2-3 МПа и обжатие горных пород в 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 теплозащитной конструкцией, которая образует у низовой грани (поверхности) плотины отапливаемую греющими средствами полость, вмещающей в себя все турбинные водоводы и водосливную поверхность водосброса и обеспечивающей
10 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-влажностный режим, близкий к оптимальному режиму, а именно: температура в полости всегда положительна, а сама
15 полость защищена от атмосферных осадков. В результате этого многократно уменьшаются температурные деформации в бетоне, прилегающем к наружной поверхности сооружения, повышается его морозостойкость, причем при полном отсутствии циклов переменного замораживания и оттаивания бетона. Одновременно с
20 этим такое тепловое воздействие на плотину обеспечивает целенаправленное дополнительное обжатие бетона верхней грани плотины и горных пород в ее основании. При необходимости такую конструкцию можно приспособить для защиты напорных водоводов от избыточного тепла атмосферного воздуха в летний период года [3].

25 Этот способ также может обеспечить обжатие верхней грани плотины до 2-3 МПа. Однако воспроизводство этого способа в его полном объеме задача сложная, затратная и недостаточно исследована. Эффективность способа может оказаться недостаточной из-за того, что тепловому воздействию подвергается только наружная
30 поверхность тела плотины, при этом вмещающие плотину горные породы остаются в естественном состоянии.

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

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].
40 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].

Известны предложения о дальнейшем более существенном снижении НПУ и ФПУ, т.е. максимальных безопасных уровней воды перед плотиной, что связано, как с
45 техническими сложностями из-за неприспособленности водосбросных сооружений к этому, так и с исключительно высокими многосторонними экономическими 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].

50 Предлагаемое ниже изобретение, как будет показано ниже, также может быть реализовано только при условии дальнейшего, но относительно не высокого, всего на 3-5 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 уменьшении:

- 5 - 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;
- 10 - 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 15 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 на верхний арочный пояс и на вмещающие горные породы в местах примыкания пят верхового арочного пояса. Тепловое воздействие на арочный пояс 20 производят путем обогрева его полостей и посредством теплозащитной конструкции, которую располагают, по меньшей мере, со стороны низовой грани арочного пояса, а на вмещающие горные породы - посредством выполненных в горных породах тепловых скважин. Тепловое воздействие производят интенсивностью, обеспечивающей уменьшение растягивающих напряжений в бетоне у верховой 25 (напорной) грани плотины.

Дополнительно:

- теплозащитная конструкция образует у низовой грани (поверхности) арочного пояса полость, воздух в которой в холодное время года подогревают;
- 30 - теплозащитная конструкция выполнена в виде теплозащитного покрытия, представляющего собой слой теплоизоляционного материала, который со скреплением заключен в высокопрочную тканевую оболочку и прилегает к низовой грани арочного пояса;
- теплозащитная конструкция выполнена в виде теплозащитного покрытия, 35 представляющего собой слой утепляющей краски, т.е. слой жидкого теплоизолирующего материала;
- в случае, когда верхний арочный пояс содержит продольную галерею и канавки дренажа, тепловое воздействие на верхний арочный пояс производят путем обогрева 40 полостей продольной галереи и канавок преимущественно атмосферным воздухом в теплый период года;
- в случае, когда в месте примыкания верхнего арочного пояса в горных породах расположена штольня, тепловое воздействие на горные породы производят путем обогрева полости этой штольни;
- 45 - в случае, когда на низовой грани плотины расположены турбинные водоводы, каждый из которых состоит из металлической оболочки и железобетонной облицовки, жестко скрепленной с плотиной, тепловое воздействие производят интенсивностью, обеспечивающей уменьшение сжимающих напряжений в железобетонной облицовке 50 турбинных водоводов до безопасной величины;
- 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;

- теплозащитная конструкция выполнена из светопрозрачного материала, а воздух в полости в холодное время года подогревают до температуры, превышающей 0°C;

- теплозащитное покрытие состоит из лент, которые навешивают на низовую грань арочного пояса вертикально с нахлестом их боковых кромок, при этом ленты навешивают в начале холодного периода года путем раскатывания рулонов, а снимают ленты - в начале теплого периода года преимущественно вертолетом.

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 прогиба 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 стационарной части плотины [1, стр.78];

- на фиг.4 - правобережное примыкание плотины, разрез вдоль продольных галерей [5];

- на фиг.5 - фрагмент теплозащитной конструкции, образующей у низовой грани арочного пояса полость;

- на фиг.6 - фрагмент теплозащитной конструкции, теплозащитное покрытие которой прилегает к низовой грани арочного пояса.

Бетонная арочно-гравитационная плотина СШГЭС по длине состоит из 4-х частей: правобережная глухая 1, водосбросная 2, стационарная 3 и левобережная глухая 4 (фиг.1). В нижнем бьефе плотины водосбросная часть 2 содержит водобойный колодец 5, водобойную стенку 6 и рисберму 7, а стационарная 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 фиг.4). Этот арочный пояс 11 имеет вид круговой арки, имеющей по верховой грани радиус 600 м и центральный угол 102°.

Надежность такой плотины, находящейся около 30 лет в эксплуатации, по предлагаемому изобретению может быть повышена следующим путем.

Сначала перед плотиной на 4-6 м снижают максимальный безопасный уровень воды перед плотиной, например НПУ, против изначально установленного на отметке 540 м, т.е. до отметке 536-534 м. Это на 3-5 м ниже однажды уже сниженного НПУ до отметки 539 м. Затем производят тепловое воздействие на тело арочного пояса 11 и вмещающие горные породы 13 в местах примыкания к ним пят 12.

Тепловое воздействие производят интенсивностью, обеспечивающей при уровнях воды перед плотиной, близких к НПУ=536-534 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 как путем непосредственного обогрева бетона

арочного пояса 11 и горных пород 13 изнутри, так и посредством теплозащитной конструкции 17, которую располагают, по меньшей мере, со стороны низовой грани 18 арочного пояса 11. Это обстоятельство обеспечивает эффект «термоса» с

5 относительно равномерным распределением температуры внутри арочного пояса 11. Основными средствами обогрева бетона арочного пояса 11 являются продольные галереи 19 и 20 и канавки горизонтального дренажа 21, в полостях которых поддерживают температуру на 10°-20°С выше их бытовой температуры, которая положительна и равна около 2°-3°С [6]. Обогрев полостей продольной галереи и

10 канавок дренажа производят теплым воздухом, причем в теплый период года обогрев целесообразно производить непосредственно наружным атмосферным воздухом, имеющим положительную естественную температуру.

Основным средством обогрева горных пород 13 являются тепловые скважины 23, каждая из которых содержит заглушенную снизу металлическую трубу, которая

15 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. В качестве дополнительного средства обогрева горных пород 13 может использоваться потерна 24, которая в

20 горные породы 13 является продолжением продольной галереи 22

Теплозащитная конструкция 17 может иметь, например, следующее конструктивное выполнение.

1. Теплозащитная конструкция 17 (фиг.5) имеет вид ограждающей конструкции, которую выполняют большей частью из светопрозрачного материала 25 и

25 прикрепляют к арочному поясу 11 так, что конструкция образует у низовой грани 18 арочного пояса 11 полость 26. Воздух в этой полости 26 в холодное время года подогревают до температуры, превышающей 0°С. Тем самым для всей низовой грани 18 арочного пояса 11 создают искусственный температурно-влажностный

30 режим, близкий к оптимальному режиму.

2. Теплозащитная конструкция 17 (фиг.6) выполнена в виде теплозащитного покрытия 27, представляющего собой слой теплоизоляционного материала 28, который со скреплением заключен в высокопрочную тканевую оболочку 29 и прилегает к низовой грани 18 арочного пояса 11. Это теплозащитное покрытие 27

35 состоит из лент (матов) 30, которые навешиваются на низовую грань 18 арочного пояса 11 вертикально с нахлестом их боковых кромок. Каждая лента 30 снабжена двумя трубчатыми длинномерами 31 и 32, к которым лента 30 прикреплена своими торцевыми кромками. Посредством длинномера 31, образующего рулон 33, лента 30

40 закреплена на гребне 34 арочного пояса 11, а посредством грузового длинномера 32 лента 30 прижимается к низовой грани 18 арочного пояса 11.

Ленты 30 навешивают на низовую грань 18 в начале холодного периода года путем раскатывания рулона 33. При этом на концы длинномера 31 устанавливают съемные цапфы 35, снабженные подшипниками и грузовыми рымами 36, а базовую машину

45 снабжают траверсой 37 и механизмом торможения рулона 33 при его раскатывании «машина и механизм на чертеже не показаны». Снимают ленты 30 с низовой грани 18 в начале теплого периода года преимущественно вертолетом.

3. Теплозащитная конструкция выполнена в виде теплозащитного покрытия, представляющего собой слой утепляющей краски, т.е. слой наносимого

50 краскораспылителем жидкого теплоизолирующего материала, например Теплос-Топ, Биматон, TSM-керамик и др.

Такое теплозащитное покрытие целесообразно выполнить на предельно большей

наружной поверхности арочного пояса 11, включая часть затопляемой верховой грани 14. Последнее, как дополнение к двум вышеуказанным теплозащитным конструкциям.

5 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 10 проектное значение 10 МПа [1, стр.113].

10 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].

15 3. В 2006 году в секции с номером 33 максимальные радиальные перемещения гребня 34 плотины достигли 141,5 мм и, как и в секциях с номерами 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, уменьшается [1, стр.19, 113-115]. Одновременно с этим вследствие необратимых пластических деформаций бетона и горных пород плотина 20 все больше работает как арочная, отчего происходит рост арочных напряжений и перераспределение нагрузок, воспринимаемых основанием и берегами [9].

25 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.

35 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.

40 2. В результате вышеуказанного теплового воздействия происходит сжатие арочного пояса 11 и его прогиб в сторону верхнего бьефа. Одновременно с этим происходит уменьшение диапазона сезонного колебания температуры в бетоне, прежде всего у нижней грани 18.

45 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 34 плотины в сторону нижнего бьефа и уменьшение сжимающих напряжений в железобетонной облицовке 15 турбинных водоводов 9.

50 4. Неоднородность горных пород 13 (левобережный борт более податлив) 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 34 плотины в сторону нижнего бьефа. Эта асимметричность может быть уменьшена соответствующей разницей в интенсивности температурного воздействия на пяты 12 и образующих берега горные породы 13.

5. Рост арочных напряжений в плотине естественен и объясним. Сам по себе этот рост улучшает работу системы «плотина-основание», уменьшает сжимающие напряжения в железобетонной облицовке турбинных водоводов, повышает устойчивость плотины против сдвига и в умеренной степени он может быть искусственно увеличен при условии одновременного снижения гидравлической нагрузки на плотину.

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 взвешенная оценка результатов каждого варианта.

Пусть 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.

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 $\Delta t=1^\circ\text{C}$ имеем $\Delta\sigma=0,36$ МПа. Полагаем, что в результате предложенного способа температура в арочном поясе (термосе) может быть в среднем повышена на $\Delta t=7^\circ\text{C}$. Тогда $\Delta\sigma=2,52$ МПа. Однако эту величину следует считать предельно возможной.

Оценочные расчеты автора, не претендующие на высокую точность, показывают, что в случае воспроизводства на СШГЭС предложенного способа продольные напряжения сжатия в арочном поясе могут увеличиться, против бытовых напряжений при сниженном НПУ, примерно на 1,4 МПа, а прогиб арочного пояса в сторону верхнего бьефа составит около 2,8 см.

Именно эти искусственные обстоятельства увеличивают долю арочного эффекта как в верхнем арочном поясе, так и в плотине в целом. Этим 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

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.

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).

6. Брызгалов В.И. Гидроэлектростанции: Учеб. пособие / В.И.Брызгалов, 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.

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

9. Тетельмин В.В. Анализ необратимых процессов в створе плотины Саяно-Шушенская ГЭС // Гидротехническое строительство, 2010, №2.

Обозначения

1 - правобережная глухая часть (плотины)

2 - водосбросная часть

3 - станционная часть

4 - левобережная глухая часть

5 - водобойный колодец

6 - водобойная стенка

7 - рисберма

8 - здание ГЭС

9 - турбинные водоводы

10 - водосбросные водоводы

11 - верхний арочный пояс (далее: арочный пояс)

12 - пята (арочного пояса)

13 - горные породы (скала)

14 - верховая (напорная) грань плотины

15 - железобетонная облицовка (турбинного водовода)

16 - металлическая оболочка

17 - теплозащитная конструкция

18 - низовая (безнапорная) грань плотины

19, 20 и 22 - продольные галереи

21 - канавки горизонтального дренажа

23 - тепловые скважины

24 - потерна

25 - светопрозрачный материал

26 - полость

27 - теплозащитное покрытие

28 - слой теплоизоляционного материала

29 - тканевая оболочка

30 - лента (мат)

31 и 32 - длинномеры

33 - рулон

34 - гребень (арочного пояса, т.е. плотины)

35 - цапфа

36 - рым

37 - траверса (базовой машины)

Формула изобретения

5 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 производят тепловое воздействие на верхний арочный пояс и на вмещающие горные породы в местах примыкания пят верхового арочного пояса, при
10 этом тепловое воздействие на этот арочный пояс производят путем обогрева его полостей и посредством теплозащитной конструкции, которую располагают, по меньшей мере, со стороны нижней грани арочного пояса, а на вмещающие горные породы - посредством выполненной в горных породах тепловых скважин, причем
15 тепловое воздействие производят интенсивностью, обеспечивающей уменьшение растягивающих напряжений в бетоне у верховой (напорной) грани плотины.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что теплозащитная конструкция образует у грани (поверхности) арочного пояса полость, воздух в которой в холодное время года подогревают.

20 3. Способ по п.1, отличающийся тем, что теплозащитная конструкция содержит слой теплоизоляционного материала, который со скреплением заключен в преимущественно водонепроницаемую оболочку из высокопрочной ткани и прилегает к грани арочного пояса.

25 4. Способ по п.1, отличающийся тем, что теплозащитная конструкция представляет собой слой утепляющей краски - жидкого теплоизолирующего материала.

5. 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
30 дренажа.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что в случае, когда в месте примыкания верхнего арочного пояса в горных породах расположена штольня, тепловое воздействие на горные породы производят путем обогрева полости этой штольни.

35 7. 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, жестко скрепленной с плотиной, тепловое воздействие производят интенсивностью, обеспечивающей уменьшение сжимающих напряжений в железобетонной облицовке турбинных водоводов до безопасной
40 величины.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что при тепловом воздействии на горные породы одновременно производят тепловое воздействие на пяты верхнего арочного пояса.

45 9. Способ по п.1, отличающийся тем, что тепловая скважина содержит заглушенную снизу металлическую трубу, которая заполнена водой, подогреваемой омическим электронагревателем.

10. Способ по п.2, отличающийся тем, что теплозащитная конструкция выполнена из светопрозрачного материала.

50 11. Способ по п.2, отличающийся тем, что в холодное время года воздух в полости подогревают до температуры, превышающей 0°C.

12. Способ по п.3, отличающийся тем, что теплозащитная конструкция выполнена в виде теплозащитного покрытия, состоящего из лент, которые навешивают на грань

арочного пояса вертикально с нахлестом их боковых кромок.

13. Способ по п.5, отличающийся тем, что обогрев полостей продольной галереи и канавок дренажа производят теплым воздухом, преимущественно атмосферным в теплый период года.

5

14. Способ по п.12, отличающийся тем, что ленты на грань арочного пояса навешивают в начале холодного периода года путем их разматывания с рулонов, а снимают ленты в начале теплого периода года преимущественно вертолетом.

10

15

20

25

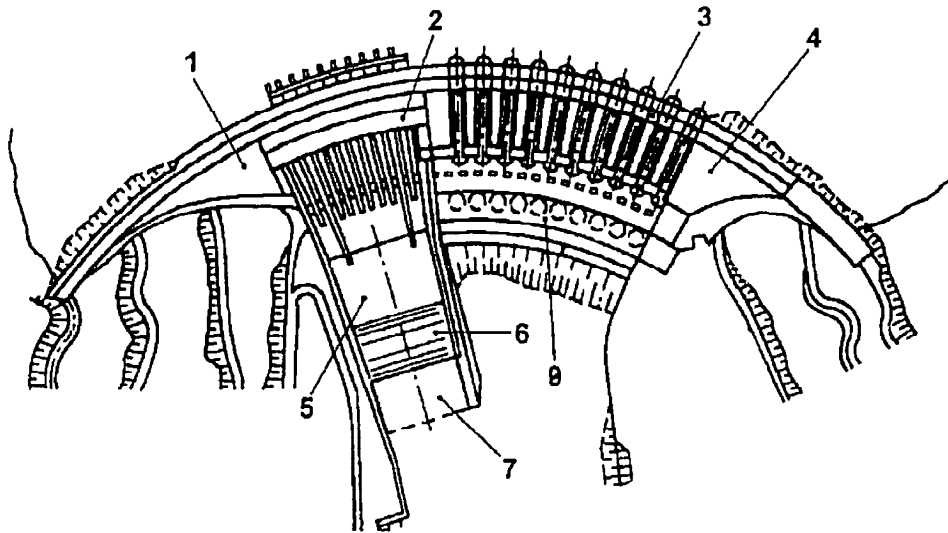
30

35

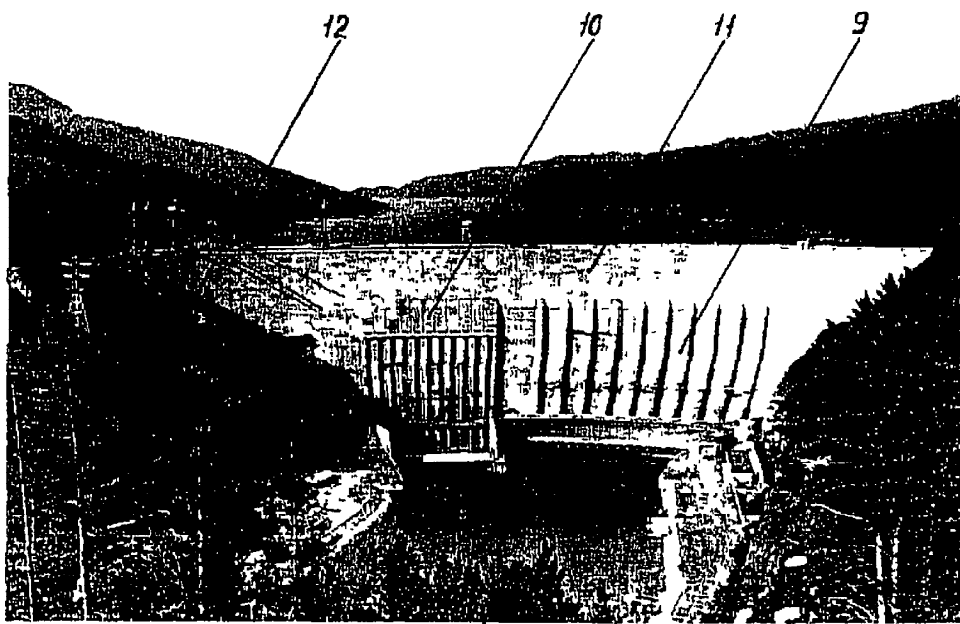
40

45

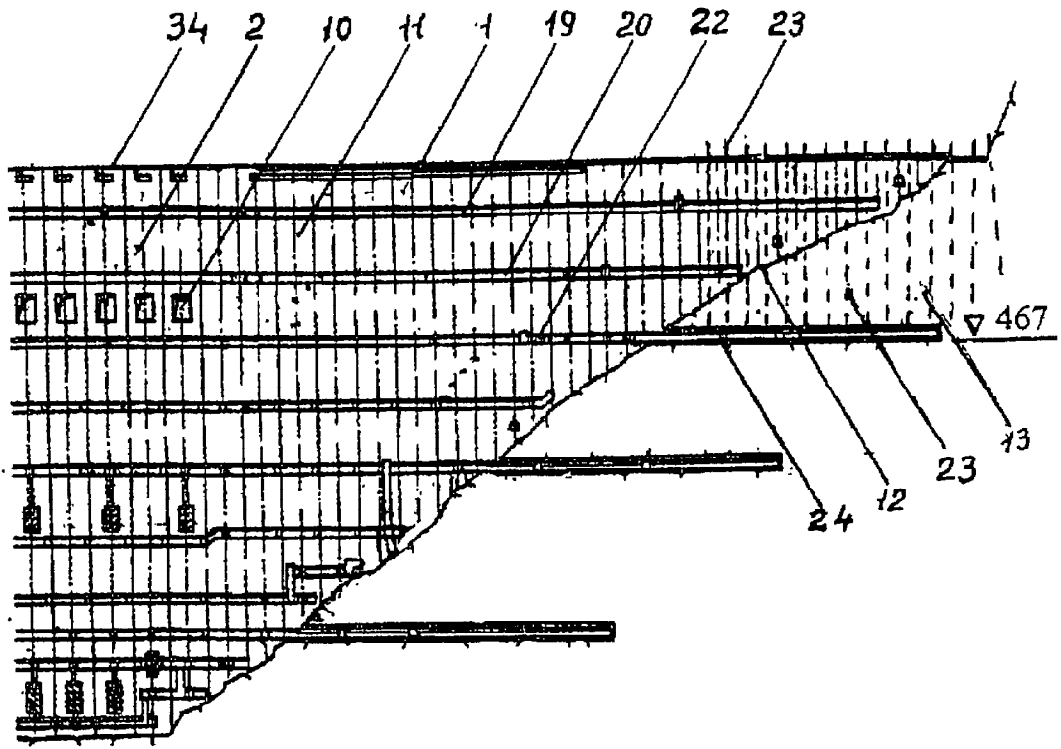
50



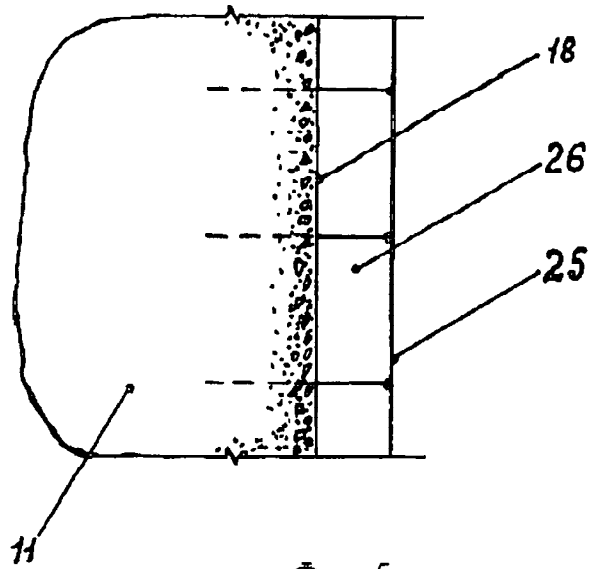
Фиг. 1



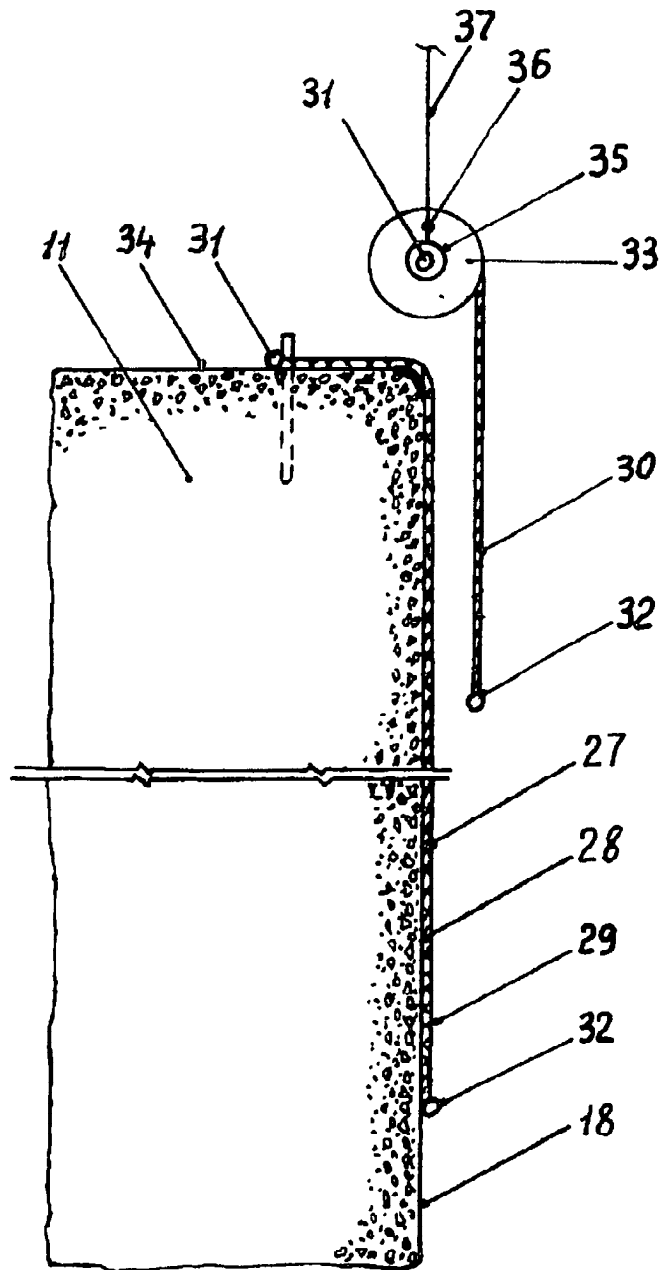
Фиг. 2



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6