



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006101471/03, 19.01.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
19.01.2006

(45) Опубликовано: 10.10.2007 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 705056 A, 25.12.1979. SU 1625926 A1, 07.02.1991. RU 2029016 C1, 20.02.1995. СНИП 2.06.05 - 84\*. Плотины из грунтовых материалов. Москва, 1991, с.24, черт.6.1 а, б. БИЯНОВ Г.Ф. Плотины на вечной мерзлоте. М.: Энергоиздат, 1975, с.88-93.

Адрес для переписки:

660111, г.Красноярск, ул. Пограничников, 37,  
стр. № 1, ИТЦ филиала ООО "РУС-Инжиниринг",  
начальнику информационно-патентного отдела  
С.А.Пановой

(72) Автор(ы):

Ягин Василий Петрович (RU),  
Вайкум Владимир Андреевич (RU),  
Оголь Виктор Григорьевич (RU),  
Руднов Валерий Михайлович (RU),  
Гришин Василий Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью  
"Русская инжиниринговая компания" (RU)

## (54) ГРУНТОВАЯ ПЛОТИНА НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛОМ ОСНОВАНИИ

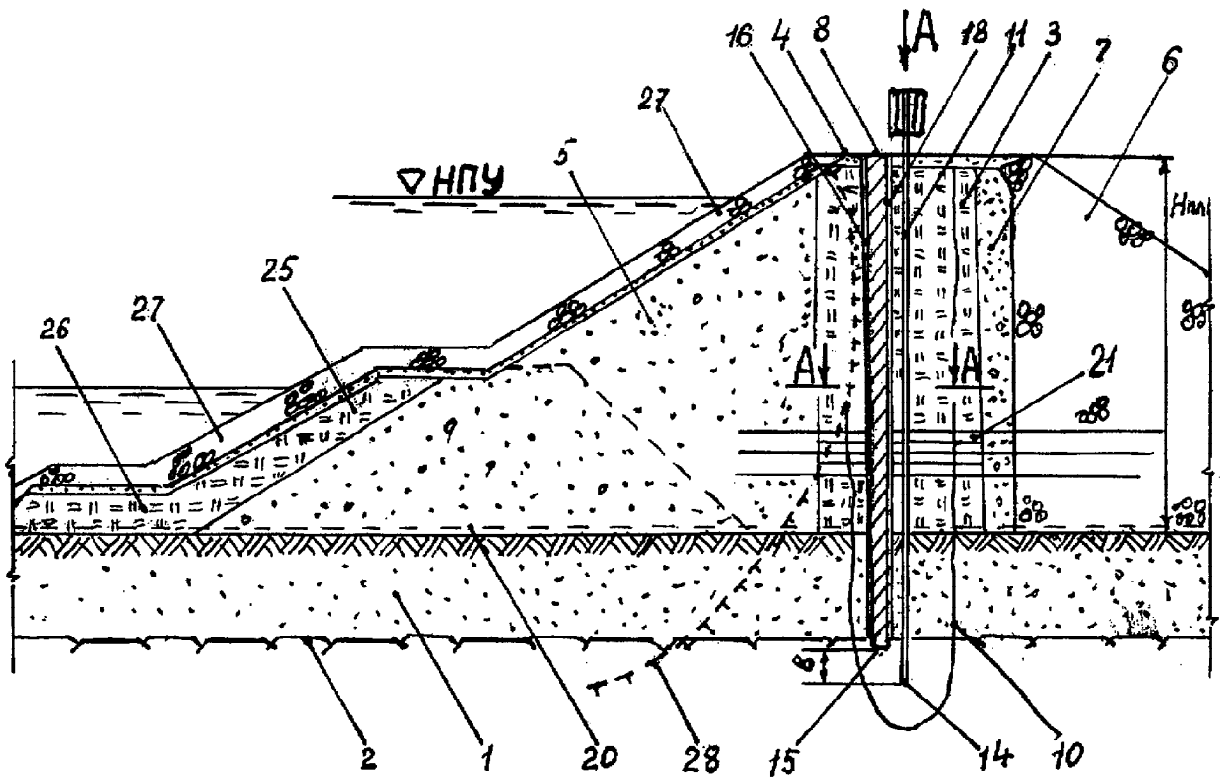
(57) Реферат:

Изобретение относится к гидротехническому строительству. Плотина содержит центральную часть, выполненную от основания до ее гребня из мелкозернистого грунта, верховую и низовую боковые призмы и противофильтрационную диафрагму. Диафрагма расположена в центральной части плотины и выполнена вертикальной по всей высоте центральной части из секущихся буронабивных свай, которые заглублены в основание на заданную величину и выполнены из пластичного глинобетона. С низовой стороны к противофильтрационной диафрагме примыкает льдогрунтовая мерзлотная завеса,

которая выполнена посредством замораживающих колонок и смерзанием присоединена к противофильтрационной диафрагме. Подошва замораживающей колонки помещена ниже подошв двух ближайших к ней буронабивных свай. Противофильтрационная диафрагма может быть покрыта с верховой стороны консистентным слоем из заинъектированного глинистым раствором мелкозернистого грунта, а с низовой стороны - грунтобетонным слоем из заинъектированного цементно-глинистым раствором мелкозернистого грунта. Изобретение повышает устойчивость и надежность работы мерзлой плотины. 6 з.п. ф-лы. 3 ил.

RU 2 307 891 C1

RU 2 307 891 C1



$\Phi \text{и} 2.1$



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
**E02B 7/06** (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2006101471/03**, **19.01.2006**

(24) Effective date for property rights: **19.01.2006**

(45) Date of publication: **10.10.2007 Bull. 28**

Mail address:

**660111, g.Krasnojarsk, ul. Pogranichnikov,  
37, str. № 1, ITTs filiala OOO "RUS-  
Inzhiniring", nachal'niku informatsionno-  
patentnogo otdela S.A.Panovoj**

(72) Inventor(s):

**Jagin Vasilij Petrovich (RU),  
Vajkum Vladimir Andreevich (RU),  
Ogol' Viktor Grigor'evich (RU),  
Rudnov Valerij Mikhajlovich (RU),  
Grishin Vasilij Andreevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju  
"Russkaja inzhiniringovaja kompanija" (RU)**

### (54) GROUND DAM BUILT ON PERMAFROST BASE

(57) Abstract:

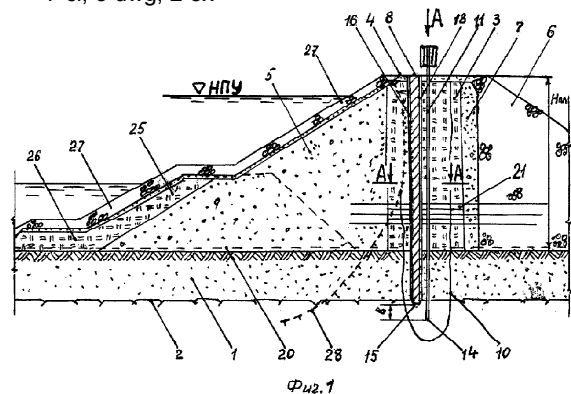
FIELD: hydraulic structures, particularly earth-fill and rock-fill dams.

SUBSTANCE: dam comprises central part extending from base to top thereof and made of fine ground, as well as upstream and downstream side shells and vertical impervious barrier. The impervious barrier is arranged in central dam part and is formed of intersecting bored piles along the full central part height. The bored piles are submersed in base for predetermined depth and made of plastic clay-concrete. Ice-and-ground frozen curtain adjoins impervious barrier from downstream side thereof. The frozen curtain is made with the use of freezing columns and is connected to impervious barrier by freezing thereof to the barrier. Freezing column bottom is below that of the nearest bored piles. Impervious barrier may be covered with consistent layer of fine ground in which mud solution is injected

from upstream side thereof and with ground-and-concrete layer formed by clay-cement mix injection in fine ground and arranged from downstream barrier side.

EFFECT: increased stability and reliability of frozen dam operation.

7 cl, 3 dwg, 2 ex



Предлагаемое изобретение относится к области гидротехнического строительства в северной строительной-климатической зоне, в районах распространения многолетнемерзлых грунтов, служащих основанием гидротехнических сооружений. Оно может быть использовано при проектировании и строительстве низких, реже средних, сейсмостойких плотин на многолетнемерзлых основаниях, в том числе на сильнольдистых нескальных (дисперсных), при отсутствии карьеров качественных глинистых грунтов и в условиях короткого дождливого лета.

Все грунтовые плотины, построенные и строящиеся в условиях Крайнего Севера, обычно делят на две группы: плотины с мерзлотной завесой (их часто называют мерзлыми или нефилтующими - принцип строительства 1); плотины без мерзлотной завесы (их называют тальными или филтующими - принцип строительства 2).

В России на Крайнем Севере в составе гидроузлов ГЭС построен ряд тальных плотин 1 и 2 классов: Вилюйская ГЭС, Вилюйская ГЭС 3, Хантайская, Курейская, Колымская и Усть-Среднеканская (строится). Каждая из этих плотин перегораживает высокорасходный водоток, ее русловая часть, по меньшей мере, возведена на коренных скальных породах, оттаивание которых не ведет к дополнительным осадкам и существенному повышению фильтрационного расхода, при этом русловой талик перекрывают цементационной завесой. Проектирование этих плотин осуществлено на основании качественных и всесторонних изысканий, а их возведение, контроль и эксплуатация осуществляются высококвалифицированными специалистами специализированных строительных организаций. Плотины эксплуатируются безаварийно.

Иначе обстоят дела с плотинами 3 и 4 классов, построенных мерзлыми. По данным источника [1], к концу XX века в криолитозоне (то же: зона многолетнемерзлых пород) России построено свыше 800 низконапорных гидроузлов, в том числе более 400 в Якутии. Все они в той или иной мере подвержены деформациям. Анализ работы гидроузлов промышленного водоснабжения свидетельствует о том, что более 40% отказов произошло из-за нарушения температурного режима сооружений. Причем в первые три года эксплуатации произошло до 53% отказов, между тремя и пятью годами - 31%, остальные - в последующие годы. До 90% низконапорных гидроузлов мелиоративного назначения в Якутии по выше указанной причине разрушаются в первый год эксплуатации. Согласно же нормативному требованию [2], вероятность возникновения аварии на гидротехническом сооружении 3 класса в течение 1 года не должна превышать величину 0,003 (то же: 0,3%). Таким образом, надежность мерзлых плотин, построенных в России, в десятки раз ниже нормативной. Несмотря на то, что общепризнанным считается строительство мерзлых плотин дешевле, чем тальных, массовость разрушений мерзлых плотин приводит в целом к обратному экономическому результату.

Основной причиной, приводящей к аварии на мерзлой плотине, является нарушение цельности мерзлотной завесы в теле плотины и в ее сопряжении с многолетнемерзлым основанием. Это происходит, прежде всего, из-за низкой надежности замораживающих устройств, а именно:

а) недоброкачество замораживающих труб и их соединений приводит к разрывам и утечкам хладоносителя из замораживающих колонок, что является причиной перевода мерзлого грунта при отрицательных температурах в талый и препятствует в дальнейшем обратному замораживанию грунта;

б) образование ледяных пробок в трубах замораживающих колонок при воздушном замораживании грунта является причиной выхода из строя колонок.

Дополнительно, при сильном землетрясении мерзлая плотина по длине, особенно на границах с русловым таликом, может быть повреждена водопроводящими поперечными трещинами.

Все это способствует укоренению мнения о непреодолимости трудностей на пути практического достижения надлежащей надежности мерзлых плотин посредством известных и экономически приемлемых технических решений.

Известна грунтовая плотина на многолетнемерзлом основании, тело которой содержит

центральную часть, выполненную от основания плотины до ее гребня из мелкозернистого грунта, верховую и низовую боковые призмы и льдогрунтовую мерзлотную завесу в центральной части плотины и в ее основании, выполненную посредством замораживающих колонок и образующей льдогрунтовый противofильтрационный элемент [3].

5 Недостатком известной плотины является ее недостаточная надежность и недостаточная долговечность. При этом льдогрунтовую мерзлотную завесу обычно создают до подъема уровня воды перед плотиной, а ее выполнение связано или с использованием в центральной части плотины качественного глинистого грунта или со сложными работами при отрицательных температурах наружного воздуха по послойному замораживанию в водонасыщенном состоянии иного мелкозернистого грунта [4].

10 Причиной, препятствующей получению указанного ниже технического результата при использовании известной грунтовой плотины, является то, что создаваемая льдогрунтовая мерзлотная завеса является единственным и по ранее указанным причинам недостаточно надежным противofильтрационным устройством в теле плотины и в ее основании.

15 Основной задачей, на решение которой направлена заявляемая грунтовая плотина на многолетнемерзлом основании, является повышение надежности и долговечности плотины, снижение требований к качеству грунтов, укладываемых в центральную часть тела плотины, и к грунтам ее основания. Техническим же результатом при осуществлении изобретения является высокая степень надежности предотвращения гидравлической связи 20 верхнего бьефа плотины с ее нижним бьефом как через тело плотины, так и через ее основание.

Указанный технический результат достигается тем, что грунтовая плотина на многолетнемерзлом основании содержит центральную часть, выполненную от основания плотины до ее гребня из мелкозернистого грунта, верховую и низовую боковые призмы и 25 противofильтрационную диафрагму, которая расположена в центральной части плотины и выполнена вертикальной по всей высоте центральной части из секущихся (то же: пересекающихся) буронабивных свай, заглубленных в основание на заданную величину. С низовой стороны (то же: со стороны нижнего бьефа) к диафрагме примыкает льдогрунтовая мерзлотная завеса, которая выполнена посредством замораживающих колонок и 30 смерзанием присоединена к противofильтрационной диафрагме. Буронабивные сваи выполнены из пластичного глинобетона, а подошва каждой замораживающей колонки помещена ниже подошвы, по меньшей мере, двух ближайших к ней буронабивных свай. Противofильтрационная диафрагма с верховой стороны (то же: со стороны верхнего бьефа) покрыта консистентным слоем, который создан из заинъецированного глинистым 35 раствором мелкозернистого грунта, прилегающего к противofильтрационной диафрагме, а с низовой стороны противofильтрационная диафрагма покрыта грунтобетонным слоем, который создан из заинъецированного цементно-глинистым раствором мелкозернистого грунта, прилегающего к противofильтрационной диафрагме (далее сокращенно: диафрагма).

40 Из ранее изложенного следует, что надежность построенных плотин, содержащих противofильтрационный элемент только в виде льдогрунтовой мерзлотной завесы, недостаточна и не отвечает нормативным требованиям. Включение в тело плотины и в ее многолетнемерзлое основание в качестве противofильтрационного элемента только диафрагмы из секущихся буронабивных свай, также не обеспечивает достаточную 45 надежность плотины. Тело диафрагмы, по данным ООО "Гидроспецпроект" может иметь коэффициент фильтрации около 0,005 м/сутки (то же:  $6 \times 10^{-6}$  см/сек). Так, после проведения ремонтных работ на аномальном участке талой плотины Курейской ГЭС путем выполнения с гребня плотины диафрагмы высотой до 35 метров секущимися буронабивными сваями диаметром 1,2 метра, фильтрация на этом участке уменьшилась в 50 3 раза, но полностью не была исключена. Поэтому профильтровавшая через диафрагму в ограниченном количестве вода, хотя и медленно и в тонком слое, все же образует оттаивание грунтов низовой призмы и ее основания. В результате этого диафрагма по длине плотины утрачивает скрепление с мерзлыми грунтами низовой призмы и основания.

При деформировании грунтов в верховой призме и оттаявших сильнольдистых грунтов в основании под ней, диафрагма непредсказуемо деформируется с нарушением своей цельности. Дополнительно, при выполнении диафрагмы могут произойти расхождения буронабивных свай. В этих местах может образоваться сосредоточенная фильтрация, которая может привести к суффозии грунтов и нарушению температурного состояния в теле плотины и в ее основании.

Высокая надежность мерзлой плотины может быть обеспечена только при совместной работе диафрагмы, льдогрунтовой мерзлотной завесы, мерзлой низовой призмы и их мерзлого основания, когда они все смерзанием объединены в единую водонепроницаемую конструкцию. Устойчивость и водонепроницаемость такой конструкции не зависят ни от температурного состояния верховой призмы и ее основания, ни от происходящих в них деформаций. Такое состояние мерзлой плотины создает новый технический результат, превышающий простую сумму отдельно взятых результатов от льдогрунтовой мерзлотной завесы и от диафрагмы и для мерзлых плотин и не известный из уровня техники.

Этот новый технический результат позволяет, по мнению заявителя, сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения условию "изобретательский уровень".

Новым является также то, что диафрагма с верховой стороны покрыта консистентным слоем, а с низовой стороны - грунтобетонным слоем.

Осуществление изобретения показывается на двух примерах. Чертежами поясняется только пример 1, а именно: на фиг.1 показан поперечный разрез грунтовой плотины, все элементы которой, кроме льдогрунтовой мерзлотной завесы, выполнены в течение одного зимне-летнего периода; на фиг.2 - разрез А-А на фиг.1, горизонтальный разрез центральной части плотины; на фиг.3 - вид А, сверху на гребень плотины при выполнении диафрагмы.

Пример 1. Грунтовая плотина возводится на многолетнемерзлом основании в суровых климатических условиях при отсутствии разведанных карьеров качественных глинистых грунтов и коротком дождливом лете. Грунты основания характеризуются дисперсностью на большую глубину при чрезвычайной пестроте литологии и сильной льдистостью и просадочностью при оттаивании. Обычно это пылеватые льдистые суглинки с включением песчаных линз и прослоек и обломков коренных пород у их поверхности.

Плотина включает центральную часть 3, выполненную от основания 1 до ее гребня 4 из мелкозернистого грунта, и боковые призмы: верховую 5 из гравелистого песка и низовую 6 из каменной наброски. Между центральной частью 3 и низовой призмой 6 помещена переходная зона из гравийно-галечникового грунта. В центральной части 3 плотины вертикально и по всей высоте центральной части расположена диафрагма 8 (стена в грунте), которая выполнена из секущихся буронабивных свай 9 (фиг.2), заглубленных в основание до поверхности 2 коренных пород. С низовой стороны к диафрагме 8 примыкает льдогрунтовая мерзлотная завеса (искусственно замороженный грунт) 10, которая выполнена посредством замораживающих колонок (термосифонов) 11 и смерзанием присоединена к диафрагме 8. Замораживающие колонки 11 установлены в один ряд по оси 12 на заданном расстоянии "а" от оси 13 диафрагмы 8. При необходимости замораживающие колонки 11 могут быть установлены в 2 ряда (второй ряд не показан).

В центральной части 3 плотины в качестве мелкозернистого грунта использованы глинистые, песчаные, песчано-гравийные и другие грунты, имеющиеся на площадке строительства. Буронабивные сваи 9 выполнены из пластичного глинобетона, а подошва 14 каждой замораживающей колонки 11 помещена ниже на заданную величину "b" подошвы 15, по меньшей мере, двух ближайших к ней буронабивных свай 9. Диафрагма 8 с ее верховой стороны покрыта консистентным слоем 16, который создан из заинъецированного из скважин 17 глинистым раствором (бентонитовым, буровым и другим) мелкозернистого грунта, прилегающего к диафрагме 8. С низовой стороны диафрагма 8 покрыта грунтобетонным слоем 18, который создан из заинъецированного из скважин 19 цементно-глинистым раствором мелкозернистого грунта, прилегающего к диафрагме 8.

В русловой части плотины, на участке естественного талика (не показан), диафрагма 8 или перекрывает талик на всю его глубину, или, в зависимости от возможностей применяемого бурового оборудования, она выполняется "висячей". В последнем случае талик пересекается замораживающими колонками 11, которые на участке талика

5 целесообразно выполнить в два ряда.

На чертежах обозначены и другие элементы плотины и устройства, необходимые для ее возведения, а именно:

20 - естественная поверхность земли;

21 - слой грунта;

10 22 - буровой агрегат;

23 - дорожные плиты;

24 - шаблонные плиты;

25 - экран;

26 - понур;

15 27 - слой камня;

28 - расчетное конечное положение нулевой изотермы.

Грунтовая плотина на многолетнемерзлом основании возводится следующим образом.

В зимнее время после подготовки основания 1 путем снятия растительного слоя с естественной поверхности земли 20 осуществляют послойную укладку грунтов во все

20 грунтовые элементы плотины. В центральную часть 3 укладывают увлажненный, обычно суглинистый, грунт слоями 21, толщина и интенсивность укладки которых обеспечивают их неполное промораживание естественным холодом. Эти технологические параметры укладки грунта задают из расчета получения, после выравнивания в слоях 21 температур, пластично-мерзлого грунта. Такой грунт не создает трудностей при бурении в будущем

25 скважин под набивные сваи 9, но предотвращает не продуктивное растекание инъекционных растворов.

В летнее время с гребня 4 плотины в ее центральной части 3 выполняют работы по устройству диафрагмы 8, созданию на ее боковых поверхностях консистентного слоя 16 и

30 грунтобетонного слоя 18 и осуществляют установку замораживающих колонок 11.

Диафрагму 8 выполняют из секущихся буронабивных свай 9 последовательными по ее

длине захватками (фиг.3). Бурение скважин под набивные сваи 9 осуществляют посредством бурового агрегата 22, например, "Casagrande," передвигающегося по

переставным плитам 23 и осуществляющего бурение с заданным шагом посредством

35 шаблонных плит 24. Длина "с" этих плит определяет длину захватки диафрагмы 8.

Заполнение скважин осуществляют пластичным глинобетоном.

Во время создания захватки диафрагмы 8 слой мелкозернистого грунта 3, толщина которого обычно не превышает 0,2-0,4 метра, по обе стороны диафрагмы 8 оттаивает. Инъектированием этого талого слоя с верхней стороны диафрагмы 9 глинистым

40 раствором создают на его боковой поверхности консистентный слой 16, а инвестированием с его нижней стороны цементно-глинистым раствором создают грунтобетонный слой 18. Слои 16 и 18 создают малым количеством раствора. Каждый этот слой со своей стороны обжимает и уплотняет диафрагму 8, повышая тем самым ее водонепроницаемость, прежде

45 всего в местах пересечения буронабивных свай 9, особенно при их возможном расхождении. После этого в очередную зиму задействуют замораживающие колонки 11 для создания льдогрунтовой мерзлотной завесы 10.

Местоположение и конструкция водопропускного сооружения для пропуска

строительных и эксплуатационных расходов (не показано) зависят от местных условий и его выполняют, также как и плотину, с повышенной надежностью. При этом плотину

50 возводят после выполнения водосброса, например, в скальном борту с временной (пониженной) отметкой водосливного порога. Временный же (пониженный) уровень воды перед плотиной воспринимается экраном 25 и его понуром 26, которые возводят и промораживают в зимнее время. С наступлением положительных температур на экран 25 и понур 26 укладывают слой 27 из камня.

Плотина работает следующим образом.

Плотина воспринимает проектный напор воды (НПУ) после выполнения диафрагмы 9 и работы замораживающих колонок в зимнее время. В последующие зимы завершается создание льдогрунтовой мерзлотной завесы в границах 10. При этом влага в эту мерзлотную завесу мигрирует как из водохранилища через диафрагму 8, так и из атмосферы через низовую боковую призму 6 и переходную зону 7. При длительной эксплуатации плотины вся низовая боковая призма 7 под влиянием отрицательных среднегодовых температур промерзает и смыкается с льдогрунтовой мерзлотной завесой 10 и с многолетнемерзлым основанием 1. При этом поры в каменной наброске со временем также заполняются льдом, образующимся из влаги, поступающей как из атмосферных осадков, так и в результате конвекции влажного наружного воздуха.

В результате всего этого диафрагма 8, льдогрунтовая мерзлотная завеса 10, мерзлая низовая боковая призма 6, переходная зона 7 и мерзлое основание 1 под ними смерзанием объединяются в единую водонепроницаемую конструкцию. Устойчивость и водонепроницаемость этой конструкции практически не зависят ни от температурного состояния верховой боковой призмы 5 и ее основания 1, ни от происходящих в них деформаций.

Одновременно с этим консистентный слой 16, созданный из бентонитового или бурового раствора, сохраняет пластичность при отрицательных температурах 2-3°C и более низких, что предотвращает зависание мерзлого грунта на диафрагме 8 с ее верховой стороны, а наличие грунтобетонного слоя 18 усиливает прочность присоединения диафрагмы 8 к льдогрунту мерзлотной завесы 10.

Диафрагма 8, расчлененная по длине плотины на отдельные буронабивные сваи, более приспособлена в сравнении с льдогрунтовой мерзлотной завесой к восприятию неравномерных осадков по длине плотины, в том числе и при сейсмическом воздействии.

Пример 2, дополнительными чертежами не поясняется.

Плотина аналогична описанной в примере 1, но ее конструкция имеет следующие отличия. Во-первых, диафрагма не покрыта консистентным слоем с одной стороны и грунтобетонным слоем - с другой стороны. Во-вторых, в случае выполнения центральной части плотины из несвязного сыпучего грунта замораживающие колонки расположены в два ряда вдоль гребня всей плотины.

Плотину возводят обычно за два летне-осенних периода. В первый период послойно и с уплотнением укладывают талый грунт в плотину на всю ее высоту, а во второй период в плотине выполняют диафрагму и устанавливают замораживающие колонки. При этом, по меньшей мере, ближайший (первый) к диафрагме ряд замораживающих колонок выполняют жидкостными с принудительной циркуляцией хладоносителя, охлаждаемого в зимнее время естественным холодом, а в летнее - холодильной машиной. Круглогодичная работа замораживающих колонок первого ряда, при сезонно работающих замораживающих колонках второго ряда, позволяет в начальный период эксплуатации плотины (год-два) создать качественную льдогрунтовую мерзлотную завесу путем замораживания профильтровавшей через диафрагму воды практически в любом песчаном и/или гравийном грунте центральной части плотины.

Дальнейшая работа плотины при ее эксплуатации аналогична работе плотины, описанной в примере 1. При этом в случае образования на диафрагме со стороны водохранилища зависания грунта, его ликвидируют, например, путем создания с верховой стороны диафрагмы и на заданном расстоянии от нее тепловой завесы. Такую завесу создают только в верхней части плотины в виде ряда последовательно расположенных тепловых скважин.

Предлагаемая грунтовая плотина может быть реализована с помощью известных строительных материалов и технологий их использования, что свидетельствует о соответствии заявляемого предложения условию "промышленная применимость".

Источники информации

1. Чжан Р.В. Температурный режим и устойчивость низконапорных гидроузлов и



грунтовых каналов в криолитозоне /Автореферат диссертации на соискание степени доктора технических наук. - Якутск, 2001. - 44 с.

2. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. - М., 2004. С.9, п.5.3.9.

- 5 3. СНиП 2. 06. 05-84\*. Плотины из грунтовых материалов. - М., 1991. С.24, черт. 6.1, а, б.  
4. Биянов Г.Ф. Плотины на вечной мерзлоте. - М.: Энергоиздат, 1983. С.88-93.

#### Формула изобретения

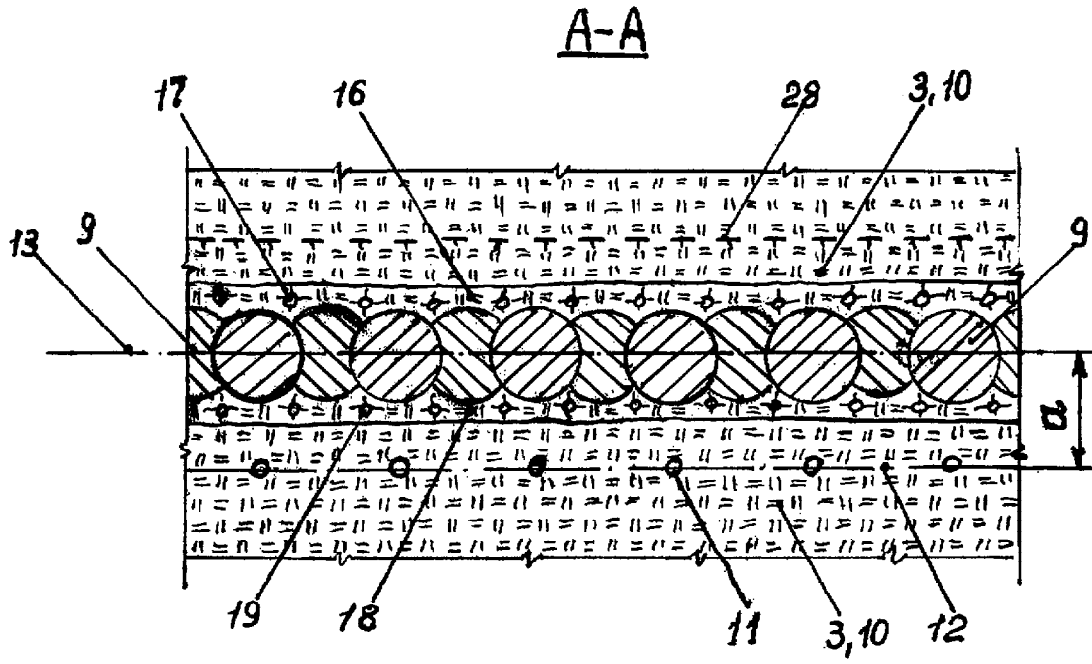
- 10 1. Грунтовая плотина на многолетнемерзлом основании, характеризующаяся тем, что она содержит центральную часть, выполненную от основания плотины до ее гребня из мелкозернистого грунта, верховую и низовую боковые призмы и противофильтрационную диафрагму, которая расположена в центральной части плотины и выполнена вертикальной по всей высоте центральной части из секущихся буронабивных свай, заглубленных в основание на заданную величину, при этом с низовой стороны к противофильтрационной  
15 диафрагме примыкает льдогрунтовая мерзлотная завеса, выполненная посредством замораживающих колонок и смерзанием присоединенная к противофильтрационной диафрагме.
2. Плотина по п.1, в которой буронабивные сваи выполнены из пластичного глинобетона.
3. Плотина по п.1, в которой подошва замораживающей колонки помещена ниже подошв,  
20 по меньшей мере, двух ближайших к ней буронабивных свай.
4. Плотина по п.1, в которой противофильтрационная диафрагма с ее верховой стороны покрыта консистентным слоем.
5. Плотина по п.1, в которой противофильтрационная диафрагма с ее низовой стороны покрыта грунтобетонным слоем.
- 25 6. Плотина по п.4, в которой консистентный слой создан из заинъектированного глинистым раствором мелкозернистого грунта, прилегающего к противофильтрационной диафрагме.
7. Плотина по п.5, в которой грунтобетонный слой создан из заинъектированного цементно-глинистым раствором мелкозернистого грунта, прилегающего к  
30 противофильтрационной диафрагме.

35

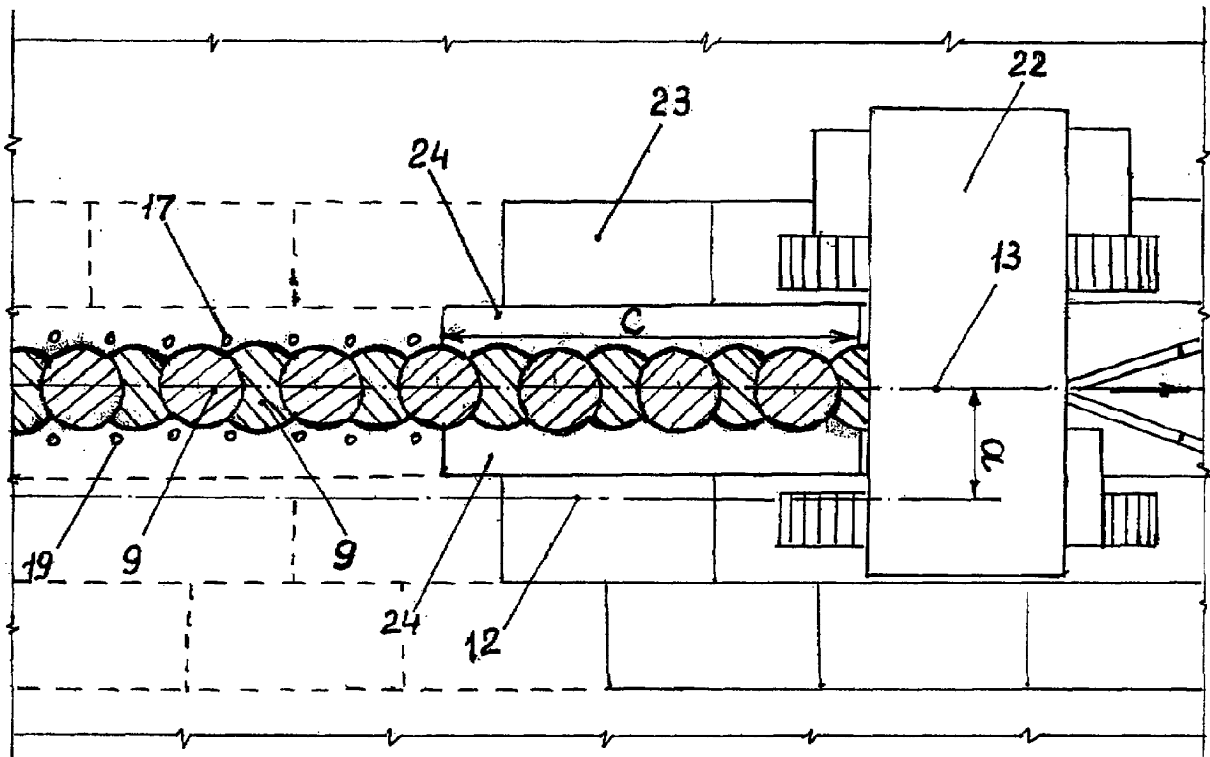
40

45

50



фиг. 2



фиг. 3