



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2010127897/13, 06.07.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.07.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **06.07.2010**(43) Дата публикации заявки: **20.01.2012** Бюл. № 2(45) Опубликовано: **27.06.2013** Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1714030 A1, 23.02.1992. RU 2029016 C1, 20.02.1995. Розанов Н.Н. Плотины из грунтовых материалов. - М.: издательство «Стройиздат», 1983, с.234, с.237, с.238. SU 1067130 A, 15.01.1984. SU 506684, 15.03.1976. SU 331150, 07.03.1972. US 4090363 A, 23.05.1978.

Адрес для переписки:

603950, г.Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65, ННГАСУ, отдел интеллектуальной собственности и трансфера технологий, И.К. Красавиной

(72) Автор(ы):

**Горохов Михаил Евгеньевич (RU),
Горохов Евгений Николаевич (RU)**

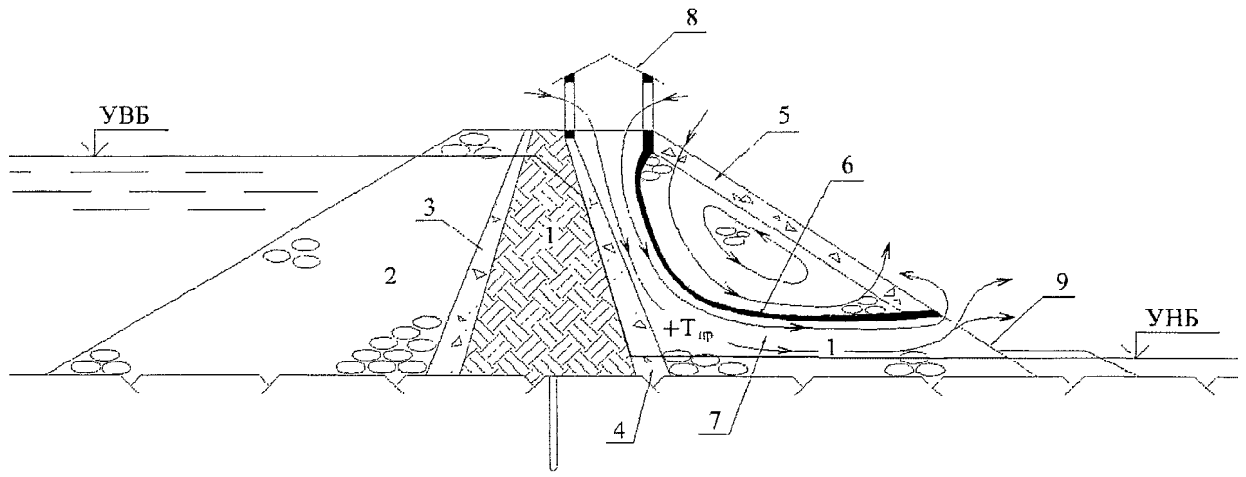
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет" (ННГАСУ) (RU)**(54) ПЛОТИНА ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области гидротехнического строительства, а именно к эксплуатации сооружений в условиях северной строительного-климатической зоны. Плотина из грунтовых материалов как мерзлого, так и талого типов возведена на мерзлом основании. Грунтовая плотина содержит противодиффузионное ядро 1, верховую и низовую упорные призмы 2, переходные зоны 3 и 4 между ядром 1 и упорными призмами 2. Ядро 1 плотины состоит из малофильтрующего связного грунта. Упорные призмы 2 выполнены из каменной наброски. Откос низовой упорной призмы покрыт слоем мелкого камня 5. При этом в низовой упорной

призме с помощью воздухонепроницаемого экрана 6 создана зона сезонно-активной конвекции 7. Экран 6 выполнен из тонкой прорезиненной ткани или цементированного камня. Зона сезонно-активной конвекции 7 снабжена ангаром 8 и съёмным воздухонепроницаемым покрытием 9, расположенным на низовом откосе. Ангар 8 расположен на гребне плотины. Обеспечивается постоянный температурный режим в ядре и переходной зоне со стороны нижнего бьефа при эксплуатации как талой, так и мерзлой грунтовой плотины в жестких температурных условиях северной строительного-климатической зоны. 6 ил.



Фиг.1

RU 2486309 C2

RU 2486309 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

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

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2010127897/13, 06.07.2010**

(24) Effective date for property rights:
06.07.2010

Priority:

(22) Date of filing: **06.07.2010**

(43) Application published: **20.01.2012 Bull. 2**

(45) Date of publication: **27.06.2013 Bull. 18**

Mail address:

**603950, g.Nizhnij Novgorod, ul. Il'inskaja, 65,
NNGASU, otdel intellektual'noj sobstvennosti i
transfera tekhnologij, I.K. Krasavinoj**

(72) Inventor(s):

**Gorokhov Mikhail Evgen'evich (RU),
Gorokhov Evgenij Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Nizhegorodskij
gosudarstvennyj arkhitekturno-stroitel'nyj
universitet" (NNGASU) (RU)**

(54) DAM OF SOIL MATERIALS

(57) Abstract:

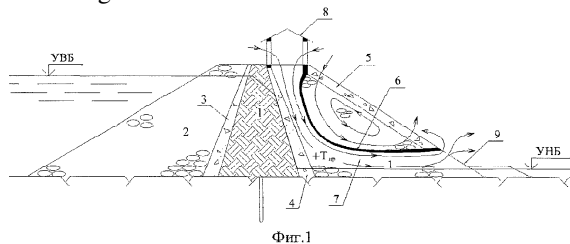
FIELD: construction.

SUBSTANCE: dam of soil materials, both frozen and thawed types, is erected on a frozen base. The soil dam comprises an anti-filtration core 1, upper and lower thrust prisms 2, transition zones 3 and 4 between the core 1 and thrust prisms 2. The core 1 of the dam consists of a low-filtering cohesive soil. Thrust prisms 2 are made of stone rip-rap. The slope of the lower thrust prism is covered with a layer of fine stone 5. At the same time in the lower thrust prism with the help of an air impermeable screen 6 there is an area of seasonal active convection 7. The screen 6 is made of thin rubberised fabric or cemented stone. The area of seasonal-active convection 7 is equipped with a hangar 8 and a

detachable air impermeable cover 9 arranged on the lower slope. The hangar 8 is located on the dam ridge.

EFFECT: permanent temperature mode in a core and in a transition area at the side of a lower reach, when operating both thawed and frozen soil dam under severe temperature conditions of a northern construction climate area.

6 dwg



RU 2 486 309 C2

RU 2 486 309 C2

В составе гидроузлов, возводимых в криолитозоне (то же: в зоне многолетнемерзлых пород), предусматриваются в основном плотины из грунтовых материалов. Среди них наиболее экономичными в условиях сурового климата являются плотины из каменной наброски. Такие плотины привлекают неизменным 5 преимуществом - возможностью использования местных строительных материалов и простотой в технологии возведения, а также круглогодичностью производства работ.

По данным источника [4], расположение в зоне многолетнемерзлых пород является серьезным фактором риска повреждения плотин и их водохранилищ. 48% аварий на 10 гидростанциях происходит именно в таких регионах (при незначительном числе расположенных здесь ГЭС). Основная причина повреждений - недоучет криогенных процессов в теле плотин, их основаниях и в районах примыкания, связанных с изменениями под влиянием гидроузлов условий теплообмена, температурного режима, физико-технических свойств мерзлых пород, приводящих к развитию термокарста, 15 термоэрозии, наледообразованиям и т.п.

По данным источника [7], к концу XX века в криолитозоне в 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 20 нарушения температурного режима сооружений. Причем впервые 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 25 эксплуатации.

Известна каменно-земляная плотина (плотина Колымской ГЭС), у которой низовая призма периодически промерзает, образуя льдогрунтовый массив, смыкающийся с многолетнемерзлым основанием и с ядром плотины. В таких условиях 30 промороженная низовая зона переходных слоев не может отводить профильтровавшуюся воду, а сохранившиеся ее локальные талые участки работают в непредсказуемых экстремальных режимах, что может привести к нештатным ситуациям [5].

Известна каменно-земляная плотина (плотина Усть-Илимской ГЭС), у которой в процессе строительства и эксплуатации были обнаружены просадки в теле, поскольку в ее каменной наброске образовался клин мерзлого тела, который затем растаял. То 35 есть в условиях суровых зим из-за образования временного слоя мерзлых пород происходит осадка сооружения [4].

Из вышесказанного ясно, что для безаварийной, надежной эксплуатации в суровых 40 климатических условиях каменно-земляных плотин необходимо уметь регулировать их температурный режим с учетом многообразия и взаимосвязи процессов тепло- и массопереноса, протекающих в отдельных элементах.

Известно, что каменно-земляные плотины, как и другие грунтовые плотины в 45 криолитозоне, возводятся по двум принципам:

- при строительстве по I принципу получается плотина мерзлого типа, называемая нефилтующей;
- при строительстве по II принципу получается плотина талого типа, называемая 50 филтующей.

Известна плотина мерзлого типа с мерзлым противофильтрационным ядром из малофилтующего связного грунта, упорной верховой и низовой призмой из каменной наброски, переходным слоем между ядром и упорными призмами и

мерзлотной завесой. Плотина снабжена дополнительно насыпью из малофильтрующих грунтов высотой не менее глубины сезонного протаивания грунта, отсыпанной вдоль подошвы низового откоса, с гребня которой установлены колонки мерзлотной завесы, и плащом из связного грунта, расположенным под низовой упорной призмой [3].

Недостатками данной конструкции являются:

1. Плотина предполагается использоваться только в мерзлом состоянии.

Эксплуатация плотины в талом состоянии при регулировании температурного режима предложенным способом невозможна.

2. Установка дорогостоящих колонок мерзлотной завесы.

3. Не предусмотрено регулирование температурного режима самой плотины.

Гарантировать сохранения ядра и переходной зоны со стороны низовой упорной призмы не представляется возможным. В результате отепляющего воздействия водохранилища и отсутствия ледогрунтовой завесы по оси ядра вполне возможно оттаивание как самого ядра, так и переходной зоны. В летний период (в период положительных температур атмосферного воздуха) в результате естественной конвекции воздуха в низовой упорной призме будет происходить ее прогревание с перемещением нулевой изотермы к ядру плотины.

Наиболее близкими по технической сущности к заявляемой является плотина из грунтовых материалов на мерзлом основании с мерзлым противофильтрационным центральным ядром, верховой и низовой упорными призмами. Низовая призма имеет внутреннюю зону из каменной крупнозернистой наброски, прикрытой грунтом из более мелких фракций, а гребень плотины и низовой откос покрыты водонепроницаемым глинистым слоем. Плотина оборудована трубами-выпусками по гребню и низовой берме, а также вентиляционной системой, по которым осуществляется естественная и принудительная конвекция воздуха в порах внутренней зоны низовой призмы из каменной наброски [6].

Недостаток плотины данной конструкции - невысокая надежность при эксплуатации. Во-первых, плотина предполагается использоваться только в мерзлом состоянии. Во-вторых, в низовую призму, имеющую внутреннюю зону из каменной крупнозернистой наброски, возможно попадание присыпанного сверху грунта более мелких фракций. В результате снизится эффективность конвекционного охлаждения основания и противофильтрационного элемента плотины. В-третьих, высока вероятность забивания льдом горизонтальных труб-выпусков, которыми снабжена плотина, причем очистке они практически не поддаются.

Настоящее изобретение направлено на решение задачи создания конструкции как талой, так и мерзлой грунтовой (каменно-земляной) плотины, обеспечивающей постоянный температурный режим в ядре и переходной зоне со стороны нижнего бьефа при эксплуатации ее в жестких температурных условиях северной строительного-климатической зоны.

Решение указанной задачи для грунтовой плотины (как талой, так и мерзлой), состоящей из противофильтрационного ядра 1 из малофильтрующего связного грунта, верховой 2 и низовой призмы из каменной наброски и переходных зон 3, 4 между ядром и упорными призмами (фиг.1, фиг.2), достигается следующим образом.

1. Для талой (фильтрующей) плотины (фиг.1):

С целью недопущения перемерзания переходных зон 4 плотины со стороны низовой призмы, а так же для уменьшения замерзания верхней части ядра 1 в период эксплуатации плотины предлагается проводить регулирование ее температурного

режима. Это регулирование заключается в следующем:

а) с целью снижения конвекции воздуха в низовой призме и тем самым уменьшения глубокого охлаждения призмы в холодный период года откос низовой каменно-набросной призмы покрывается слоем мелкого камня 5 (карьерная мелочь или песчано-гравийная смесь);

б) для гарантированного поддержания части низовой призмы вблизи переходной зоны в талом состоянии в низовой призме с помощью воздухо непроницаемого экрана 6, выполненного из тонкой прорезиненной ткани или цементированного камня, создается зона сезонноактивной конвекции 7, которая включается в действие в теплый период года. Это включение осуществляется следующим образом.

В теплый период года ангар 8, находящийся на гребне плотины, открывается, дополнительно на низовом откосе снимается воздухо непроницаемое покрытие 9, после чего возникает проточная конвекция в зоне низовой призмы с сезонно развитой конвекцией из крупнозернистой наброски. Кроме того, для усиления проточной конвекции в подэкранной зоне в верхнем ангаре возможно создание разрежения до -1 кгс/см^2 (например, с помощью вытяжных вентиляторов). Это разрежение приведет к возникновению эффекта аэродинамической трубы между экраном 6, водой нижнего бьефа в низовой призме и ядром 1 с повышенными скоростями движения воздуха в порах этой «трубы» в нужный - теплый период года.

В холодный период года ангар 8 закрывается, дополнительно на низовом откосе устанавливается воздухо непроницаемое покрытие 9, после чего проточная конвекция в зоне низовой призмы 7 с сезонно развитой конвекцией прекращается. Возможна только ограниченная термогравитационная конвекция, вызванная плотностной стратификацией порового воздуха из-за разностей его температур.

2. Для мерзлой (нефильтрующей) плотины (фиг.2) регулирование температурного режима производится аналогично, как для талой плотины, за исключением того, что ангар 8, находящийся на гребне плотины, открывается в холодный период года, дополнительно на низовом откосе снимается воздухо непроницаемое покрытие 9. В теплый же период года ангар 8 закрывается, дополнительно на низовом откосе устанавливается воздухо непроницаемое покрытие 9.

Экран и ангар не позволяют проникать атмосферным осадкам и талым водам в зону «трубы», в результате чего не будет происходить заполнение пор наброски льдом в зонах с отрицательной температурой.

Не будет сублимации льда в порах наброски «трубы» для талой плотины, так как «труба» - теплая, внедряющийся атмосферный воздух в трубу - теплый. Для мерзлой плотины наоборот, «труба» - холодная, внедряющийся атмосферный воздух в трубу еще более холодный, упругость насыщения которого ниже, чем у воздуха в порах трубы.

Для оценки эффективности предложенного способа регулирования температурного режима каменно-земляных плотин выполнено его компьютерное моделирование для эксплуатационного периода. Моделирование проведено с применением программного комплекса NORD.3D [1]. Программный комплекс NORD.3D реализует физико-математическую модель температурно-фильтрационного режима каменно-земляных плотин, описанную в [2]. Достоверность результатов, получаемых в результате моделирования программным комплексом NORD.3D, неоднократно проверена путем сравнения с натурными данными (см., например, [1]), где исходными данными для моделирования являются данные на момент начала эксплуатации сооружения, а получаемые сравниваются с натурными данными на момент диагностики сооружения.

В качестве примера здесь приводятся результаты моделирования температурного режима для двух вариантов плотины Тельмамского гидроузла. Тельмамский гидроузел проектируется на р.Мамакан в Бодайбинском районе Иркутской области вблизи устья р.Тельмамы.

Участок расположения Тельмамского гидроузла входит в зону сплошного развития вечномерзлых пород со сквозным таликом под руслом реки Мамакан, ширина которого не превышает ширины реки по меженному зимнему урезу воды. В основании мерзлота сливающегося типа.

Плотина гидроузла каменно-земляная высотой 154,5 м, длиной по гребню 1120,50 м, запроектирована с ядром из суглинка толщиной по низу 40,00 м и заложением граней 7,5:1, имеет две переходные зоны средней толщиной по 3 м. (фиг.3). По температурному состоянию плотины талая, предполагающая свободную фильтрацию воды через ядро с беспрепятственным отведением ее в нижний бьеф по переходным зонам.

Для талой русловой плотины Тельмамского гидроузла моделирование показало, что в процессе эксплуатации имеется реальная опасность перемерзания переходных зон со стороны низовой призмы, а также глубокое замерзание центральной части плотины вследствие значительной зимней сработки водохранилища гидроэлектростанцией (фиг.4). Эти обстоятельства могут привести к переводу свободной фильтрации в ядре плотины в напорную или напорно-безнапорную. Такая ситуация не может быть допущена, поскольку она выведет сооружение за рамки проектного состояния.

Моделирование температурного режима в условиях регулирования по предложенному способу показало, что приядерная зона низовой призмы плотины в условиях регулирования температурного режима будет пребывать в гарантированно талом состоянии, что, собственно, и требуется (фиг.5).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что предлагаемое изобретение на примере талой русловой Тельмамской плотины оказывается весьма эффективным и может быть применено и для других проектируемых в криолитозоне талых каменно-земляных плотин.

Для пойменных участков плотины Тельмамского гидроузла, где залегают вечномерзлые породы толщиной более 80...100 м, возможно возведение каменно-земляной плотины мерзлого типа с регулированием температурного режима. Для подтверждения эффективности предложенного способа регулирования было выполнено моделирование температурного режима мерзлой левобережной каменно-земляной плотины Тельмамского гидроузла на 10 лет. Ядро плотины из суглинка без мерзлотной завесы к началу прогноза находится в мерзлом состоянии при температуре -1°C .

Результаты свидетельствуют о том, что на 10 году эксплуатации мерзлой плотины в условиях регулирования температурного режима ядро находится в гарантированно мерзлом состоянии, что также подтверждает эффективность предложенного изобретения (фиг.6).

Источники информации

1. Горохов Е.Н. Программный комплекс NORD трехмерного моделирования температурного режима каменно-земляных плотин / Е.Н.Горохов, В.И.Логинов // Материалы междунар. конф. «Инженерно-геологические изыскания в криолитозоне «ИГК-2000». - СПб.: ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, 2000. - С.64-73.

2. Горохов Е.Н. Теория и метод расчета температурно-криогенного режима плотин

из каменной наброски в криолитозоне / Е.Н.Горохов// Известие высших учебных заведений. Строительство. 2005. - №9. - С.32-39.

3. Грунтовая плотина мерзлого типа / Букатников В.Д., Мауль В.К., Шамайтис Ю.И. // Патент RU №2029016. Опубл. 20.02.1995 г.

5 4. Малик Л.К. Факторы риска повреждения гидротехнических сооружений. Проблемы безопасности / Л.К.Малик; (отв. ред. Н.И.Коронкевич) // - М.: Наука, 2005.

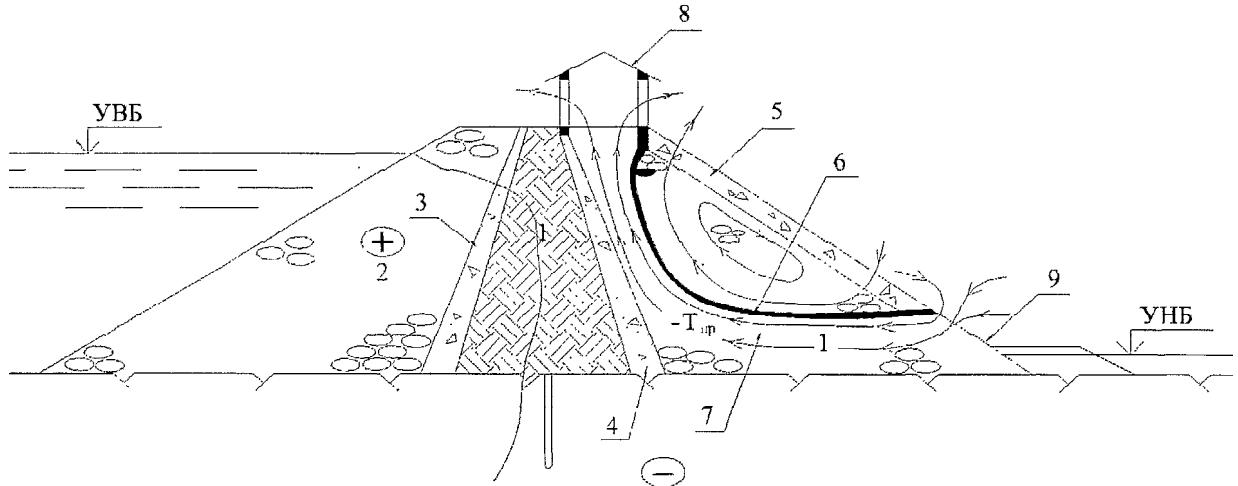
5. Пехтин В.А. О безопасности плотин в северной строительно-климатической зоне / В.А.Пехтин // Гидротехническое строительство. - 2004. №10, с.6.

10 6. Плотина из грунтовых материалов / Балясников Г.Г., Максимов И.А. // Патент SU №1714030. Опубл. 23.02.1992 г.

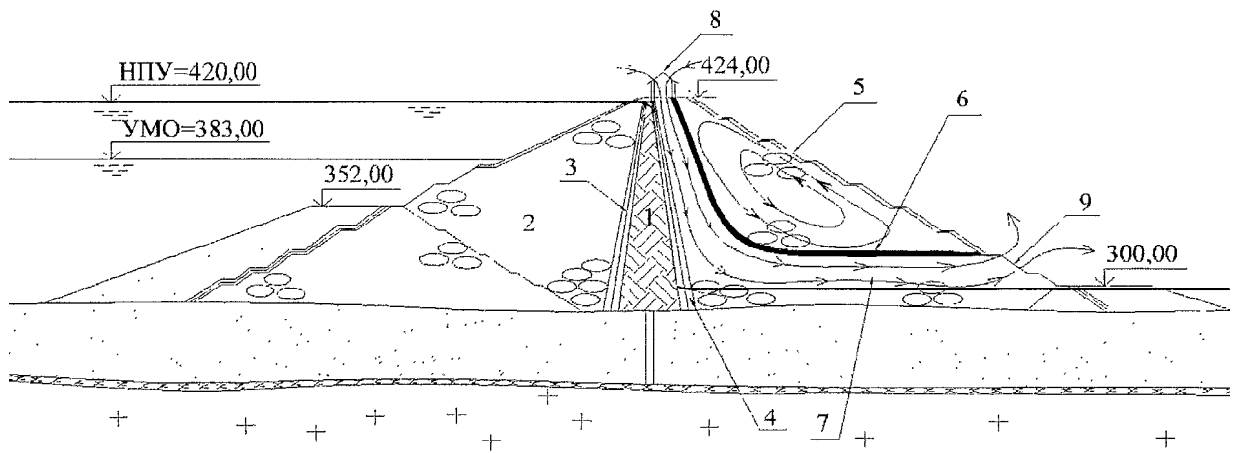
7. Чжан Р.В. Температурный режим и устойчивость низконапорных гидроузлов и грунтовых каналов в криолитозоне / Р.В.Чжан // Автореферат диссертации на соискание степени доктора технических наук. - Якутск, 2001.

Формула изобретения

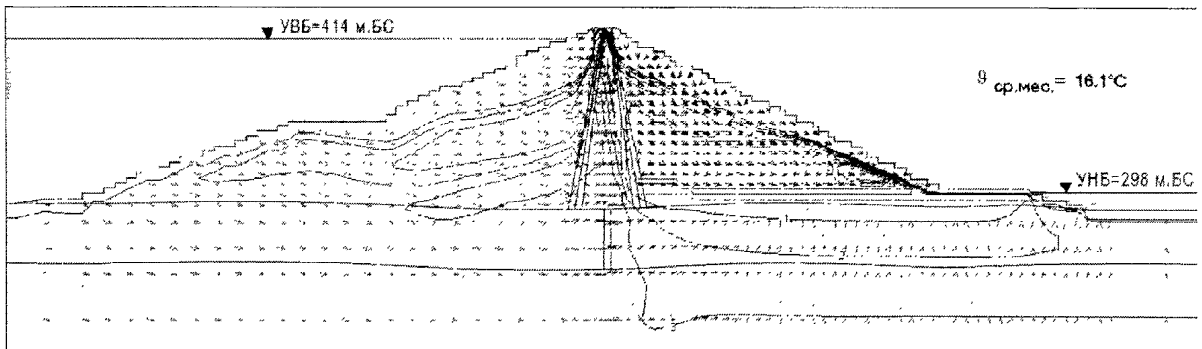
15 20 25 30 35 40 45 50
Плотина из грунтовых материалов как мерзлого, так и талого типов, возводимая на мерзлом основании, включающая противofильтрационное ядро из малофилтующего связного грунта, верховую и низовую упорные призмы, выполненные из каменной наброски, переходные зоны между ядром и упорными призмами, отличающаяся тем, что откос низовой каменно-набросной призмы покрывают слоем мелкого камня, в низовой призме с помощью воздухо-непроницаемого экрана, выполненного из тонкой прорезиненной ткани или цементированного камня, создают зону сезонно-активной конвекции, снабженную ангаром, располагаемым на гребне плотины, и съёмным воздухо-непроницаемым покрытием, располагаемым на низовом откосе.



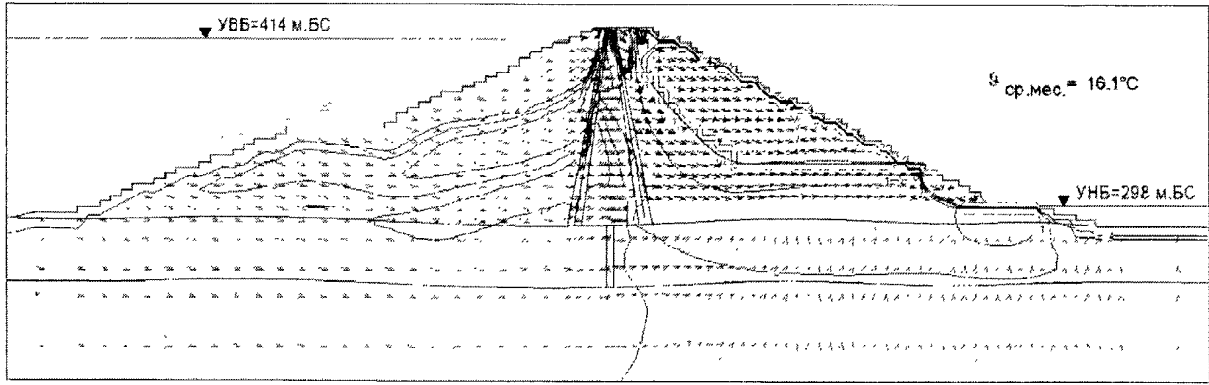
Фиг.2



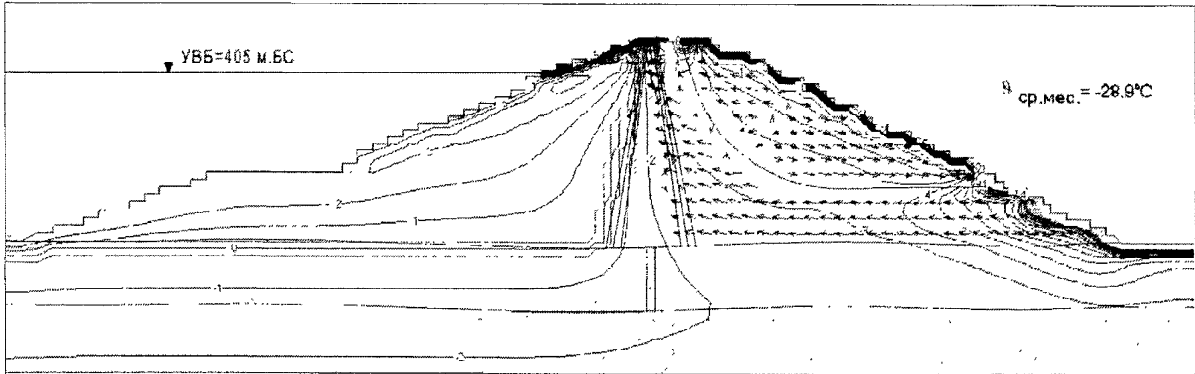
Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6