МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОРГАНИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ШАХТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ВНИИОМШС

ВРЕМЕННОЕ РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОЦЕССА ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД ДЛЯ ПРОХОДКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ

Харьков 1971

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

Управление капитального строительства

Всесоюзный научно-исследовательский институт организации и механизации шахтного строительства

ВНИИОМШС

МИНИСТЕРСТВО МОНТАЖНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ СССР

Главспецпромстрой

Проектная контора треста Шахтспецстрой

УТВЕРЖДАЮ

Директор ВНИИОМШСа

Б.Я.СЕДОВ

"4" августа 1971г.

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер Главспецпромстроя

А.И.ПЕВЗНЕ

"23" июля 1971г.

ВРЕМЕННОЕ РУКОВОДСТВО

по проектированию процесса замораживания пород для проходки вертикальных стволов шахт

Харьков 1971

Составители:

Канд. техн. наук П.А. ШПАРБЕР
Инж. В.А. ПАНЬКИН
Инж. А.Л. ШРАЙМАН — ВНИИОМШС
Инж. И.М. ГУЛЕЙ
Инж. А.Д. КРУПЕНКО

Канд. техн. наук О.А. ДОЛГОВ — МГИ

Канд. техн. наук А.З. ЛИТВИН
Канд. техн. наук В.А. ФЕДЮКИН — Трест Шахтспецстрой
Инж. Б.Б. БЕГРЕР
Инж. Л. С. МЕРЗАК

П Р Е Д И С Л О В И Е

Настоящее временное руководство составлено по заданию треста Шахтспецстрой ВНИИОМШСом,МГИ и Проектной конторой треста Шахтспецстрой на основе разработанной в 1969г.первой его редакции.

Руководство является результатом обобщения методических положений,принятых в современной практике проектирования и проверенных в производственных условиях,изучения и обобщения законченных исследований в области замораживания пород для проходки стволов шахт ВНИИОМШСа,МГИ,ИГД им.А.А.Скочинского,Проектной конторы треста Шахтспецстрой и других организаций,данных специальных наблюдений в производственных условиях на Яковлевском опытном участке КМА (1960-1962гг), стволах шахт Запорожского железорудного комбината № I (1961-1967гг.) и Березниковских калийных комбинатов № 2 и 3 (1966-1969гг.).Изучены по литературным источникам и частично использованы материалы зарубежного опыта замораживания пород в шахтном строительстве.

В руководстве рассматривается общепринятый в практике шахтного строительства аммиачно-рассольный способ замораживания с использованием в качестве хладагента аммиака и в качестве хладоносителя - водного раствора соли хлористого кальция (рассола),изложена сущность этого способа,даны определения его вариантов и указаны области их применения.

Приведены перечень необходимых для проектирования исходных данных,методы определения основных теплофизических величин,справочный материал по их значениям,типам и характеристикам применяющегося оборудования.

Изложена методика расчета нагрузок на ледопородное ограждение ствола,средней температуры и прочности замороженных пород,параметров циркуляции рассола,необходимой холодопроизводительности замораживающей станции и продолжительности замораживания пород.

Руководство предназначено для пользования при проектировании,а также для проверочных расчетов при осуществлении замораживания пород.

Для совершенствования и дополнения настоящего руководства принимаются к рассмотрению принципиальные замечания, пожелания и новые разработки всех организаций, проводящих исследования, проектирование и осуществление замораживания пород.

Редакционная комиссия: А.З.Литвин (председатель), В.А.Федюкин, В.Г.Николаенко, О.А.Долгов, Б.Б.Бергер, Л.С.Мерзак, П.А.Шарбер, В.А.Панькин (ответственный редактор).

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. СУЩНОСТЬ СПОСОБА ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Способ замораживания горных пород применяется для проходки вертикальных стволов шахт и других горных выработок в сложных горногеологических условиях при наличии в геологическом разрезе водоносных неустойчивых пород, а также водоносных устойчивых пород в тех случаях, когда применить другие специальные способы (водопонижение, тампонаж и т.д.) невозможно или нецелесообразно по технико-экономическим соображениям.

Способ замораживания пород универсален, он применим в разнообразных сложных горногеологических условиях и отличается высокой надежностью. Среди других специальных способов проходки стволов шахт он наиболее распространен в отечественной практике.

Сущность способа заключается в том, что до вскрытия стволом шахты водоносных пород их предварительно замораживают, благодаря чему вокруг ствола образуется сплошное ледопородное ограждение, которое воспринимает на себя горное и гидростатическое давление и защищает ствол от затопления, создавая условия для его проходки по обычной технологии.

При необходимости ледопородное ограждение можно создать на всем протяжении ствола шахты либо на отдельном его участке.

Для образования ледопородного ограждения вокруг будущего ствола через толщу водоносных пород бурят скважины, в которые опускают замораживающие колонки. Затем в колонках осуществляют циркуляцию холодоносителя-рассола (табл.I), охлаждаемого до требуемой отрицательной температуры на замораживающей станции. Колонки герметически закрывают снизу башмаками, а сверху - головками с входным и выходным патрубками. Для обеспечения циркуляции рассола в колонках внутрь их спускают питающие и отводящие трубы, которые соединяют соответственно с входным и выходным патрубками головок. Патрубки снаружи подсоединяют к распределителю и коллектору, к которым подведены магистральные рассолопроводы от замораживающей станции.

Полезную работу - интенсивный отбор тепла от окружающих колонку пород - рассол совершает при движении по рабочему участку колонки, границы которого соответствуют положениям

нижних концов питающей и отводящей труб.По направлению движения на рабочем участке колонки различают прямую и обратную циркуляцию рассола.

В результате отбора рассолом тепла от пород вокруг каждой из колонок образуются ледопородные цилиндры,которые с течением времени увеличиваются в диаметре и наконец смыкаются в сплошное ледопородное ограждение вокруг ствола шахты.Задачей замораживания является создание ледопородного ограждения требуемой по горнотехническим условиям толщины,прочности и устойчивости для обеспечения проходки ствола в водоносных породах.

Производство холода на замораживающей станции основано на принципе изменения агрегатного состояния хладагента-аммиака (табл.2,3).При относительно низком давлении и подводе тепла жидкий аммиак испаряется и переходит в газообразное состояние (в испарителях).Затем аммиак засасывается аммиачными компрессорами и сжимается.Сжатый аммиак с высокой температурой поступает в конденсаторы,где отдает тепло воде и переходит в жидкое состояние.По пути из конденсаторов в испарители жидкий аммиак дросселируется на регулирующей станции с давления нагнетания до давления испарения.

Таким образом,процесс замораживания пород включает в себя три теплообменных цикла:

1цикл - отбор тепла от пород рассолом(замораживание пород);

2 цикл - отбор тепла от рассола аммиаком на замораживающей станции;

3 цикл - отбор тепла от аммиака водой,подаваемой на конденсаторы замораживающей станции.

2. РЕЖИМЫ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД

Режим замораживания пород характеризуется значениями основных параметров первого теплообменного цикла: температуры замерзания пород, температуры и расхода рассола в колонках и др.Главным параметром является температура внешней поверхности замораживающей колонки на ее рабочем участке,которая должна быть достигнута в процессе замораживания для образования ледопородного ограждения нужной толщины и прочности.Достигае-

мым конечным значениям этой температуры, в свою очередь, соответствуют определенные значения температуры подаваемого в колонки рассола (температуры замораживания), по которым различают два режима замораживания пород: обычный и низкотемпературный. При обычном режиме достигается конечное значение температуры подаваемого в колонки рассола до минус 20°С, при низкотемпературном - до минус 40°С.

Низкотемпературный режим замораживания следует применять для пород с засоленностью подземных вод более 3°Ве, при естественной температуре подземных вод выше 20°С или при наличии потоков подземных вод со скоростью движения более 2 м/сутки.

При наличии в породах насыщенных естественных рассолов конечное значение температуры замораживания следует принимать на основании данных лабораторных исследований температуры замерзания и прочности рассолосодержащих пород. В настоящем Руководстве приведены ориентировочные значения температур замерзания некоторых рассолов (табл.4,5).

При проектировании в каждом случае температуру замораживания следует окончательно принимать на основании технико-экономического сравнения возможных вариантов с учетом конкретных условий замораживания пород.

3. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЗАМОРАЖИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ

Каждому режиму замораживания пород соответствует определенный режим работы замораживающей станции, который характеризуется, главным образом, параметрами замкнутого цикла циркуляции аммиака в аммиачной системе. По значениям этих параметров различают два режима работы станции: одноступенчатый и двухступенчатый.

Одноступенчатый режим

При работе по этому режиму компрессоры замораживающей станции осуществляют цикл одноступенчатого сжатия аммиака.

Станцию требуемой холодопроизводительности обычно компонуют из однотипных холодильных агрегатов. В состав каждого из них входят: аммиачный компрессор одноступенчатого сжатия, конденсатор, регулирующая станция, испаритель, вспомогательное оборудование (маслоотделитель, маслосборатель, ресивер с от-

делителем воздуха), запорная арматура, контрольно-измерительная аппаратура и приборы средств сигнализации и автоматизации. Для подачи воды на охлаждение компрессоров и конденсаторов всех агрегатов и для осуществления циркуляции рассола монтируют соответствующие насосные установки.

Диапазон рабочих давлений одноступенчатого цикла сжатия аммиака ограничен определенными технологическими условиями. Давление всасывания целесообразно поддерживать выше атмосферного на 0,3 – 0,5 ати во избежание подсоса воздуха в систему через сальники компрессоров. Выпускающиеся одноступенчатые аммиачные компрессоры рассчитаны на работу преимущественно при отношении давления нагнетания к давлению всасывания до 8. По этим условиям можно получить наиболее низкую температуру испарения аммиака при одноступенчатом цикле сжатия до минус 25°С, а температуру рассола – до минус 20°С.

Двухступенчатый режим

Работая по этому режиму, компрессоры замораживающей станции осуществляют цикл двухступенчатого сжатия аммиака.

В цикле двухступенчатого сжатия газообразный аммиак после первой ступени сжатия поступает в промежуточный сосуд. Затем пары аммиака в охлажденном состоянии проходят вторую ступень сжатия и нагнетаются в конденсатор, где охлаждаются водой и конденсируются.

Из конденсатора большая часть жидкого аммиака проходит через змеевик в промежуточном сосуде, охлаждаясь при этом, далее дросселируется в регулирующем вентиле и поступает в испаритель ; меньшая часть его через поплавковый регулирующий вентиль поступает непосредственно в промежуточный сосуд, заполняет его до определенного уровня и испаряется, охлаждая аммиак в змеевике и газообразный аммиак, направляющийся во вторую ступень.

Двухступенчатый режим работы станции осуществляют по окончании замораживания пород с одноступенчатым режимом, т.е. по достижении температуры испарения аммиака минус 25°С, переводя отдельные компрессоры станции на работу в качестве второй ступени либо включая в работу вместо одноступенчатых двухступенчатые компрессоры, у которых часть цилиндров работает на пер-

вой ступени, а часть - на второй ступени сжатия аммиака.

Компоновка станции из разнотипных одно-- и двухступенчатых компрессоров допускается лишь в отдельных случаях:

- на общих для нескольких объектов замораживающих станциях при поочередном замораживании пород на этих объектах и отсутствии необходимого парка однотипных компрессоров;

- при выявленной в процессе обычного замораживания пород необходимости низкотемпературного замораживания, поставки и монтажа для этой цели дополнительных компрессоров, а также при отсутствии свободного парка компрессоров, однотипных с используемыми на данном объекте.

4. СХЕМЫ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД

Замораживание пород на всю глубину

Эта схема (рис.1) является наиболее простой и распространенной. Для осуществления этой схемы каждую замораживающую колонку снабжают одной внутренней трубой - питающей или отводящей; в этом случае движущийся в межтрубном пространстве колонки рассол активно отбирает тепло от пород по всей глубине.

Применяется при:

- залегании кровли водоносных и неустойчивых пород на небольшой глубине от поверхности - до 50-70 м;

- преобладании в геологическом разрезе пластов пород, подлежащих замораживанию;

- отсутствии в толще водоносных пород разделяющих пластов водоупорных пород;

- отсутствии готового участка ствола, пройденного в породах, склонных к пучению при замораживании.

Прямую циркуляцию рассола - с подачей его в питающую трубу - следует применять, когда основную трудность представляет замораживание нижних пластов пород в геологическом разрезе, и необходимо наиболее длительное замораживание их до возможно более низкой температуры. Обратную циркуляцию - с подачей рассола в межтрубное пространство колонки - следует применять, когда для начала проходки ствола необходимо в первую очередь

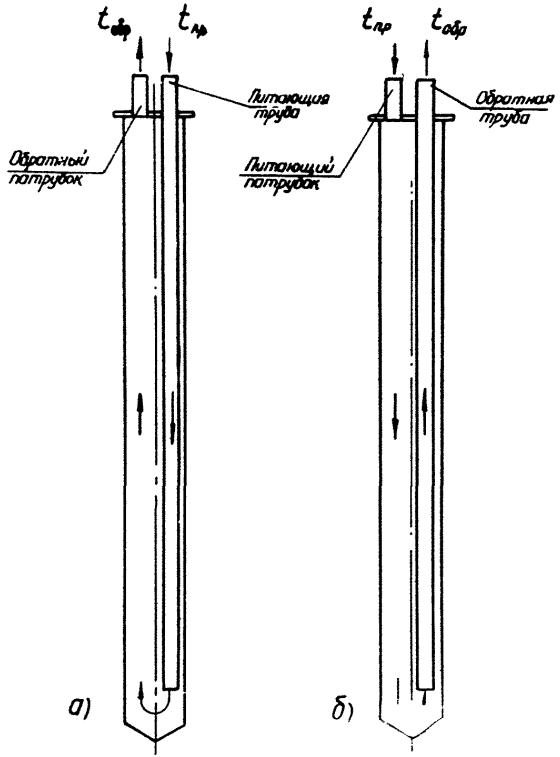


Рис. 1. Замораживание пород на всю глубину:
а) прямая циркуляция;
б) обратная циркуляция.

заморозить верхние пласты пород,а нижние пласты будут заморожены либо за время проходки верхнего участка ствола,либо при переходе в дальнейшем на прямую циркуляцию рассола.

Ступенчатое замораживание пород

По этой схеме (рис.2) ледопородное ограждение ствола образуется последовательными во времени и нисходящими по глубине интервалами - ступенями с помощью скважин,пробуренных на всю глубину залегания водоносных и неустойчивых пород.

Для осуществления этой схемы каждую замораживающую колонку оснащают двумя внутренними трубами: питающей и отводящей,которые опускают до соответствующих границ очередной ступени.Наибольший отбор тепла от пород каждый раз осуществляется в пределах очередной ступени.

При переходе к замораживанию следующей ступени обычно до ее нижней границы опускают трубу,служившую отводящей при замораживании предыдущей ступени,а бывшую питающую трубу используют в качестве отводящей без наращивания.При этом необходимо соответственно изменять подачу рассола в колонки.

Применяется при:

- большой мощности всей толщи водоносных и неустойчивых пород (свыше 200 м);

- наличии в толще водоносных пород пластов водоупорных пород,которые могут служить границами ступеней и обеспечить невозможность прорыва воды в забой со стороны нижней ступени при проходке ствола в пределах верхней.

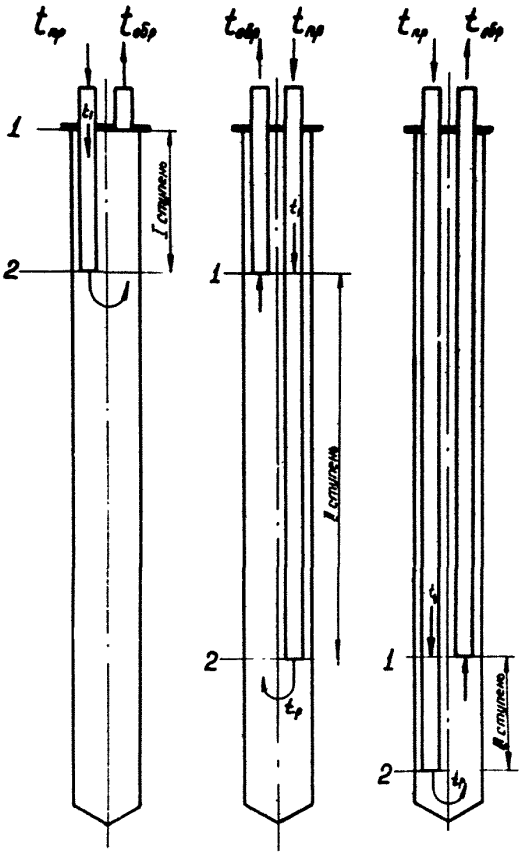


Рис. 2. Ступенчатое замораживание пород:
1 - верхняя граница рабочего участка;
2 - нижняя граница рабочего участка

Разновидностью данной схемы является схема зонального замораживания, при которой из всей толщи пород предусматривают активно замораживать отдельные зоны водоносных пород. Эту схему можно применять, когда в геологическом разрезе встречаются толщи водоупорных пород мощностью 30-40 м, которые по ряду причин замораживать нецелесообразно (возрастают расход холода и мощность замораживающей станции, возможны пучение пород и повреждения колонок).

Местное замораживание пород

По этой схеме (рис.3) ледопородное ограждение вокруг ствола на участках пересечения водоносных пород создают с помощью скважин, пробуренных непосредственно из забоя ствола.

Применяется при:

- ограниченной мощности отдельного пласта или пачки пластов водоносных пород - не более 100 м и залегании их кровли на глубине, превышающей в 1,5-2 раза мощность самой водоносной толщи;

- неожиданном вскрытии при проходке ствола пласта водоносных пород (как аварийный способ), особенно при наличии на готовом участке ствола такого типа пород, которые при их замораживании могут вспучиваться и создавать опасные нагрузки на крепь ствола.

Для осуществления этой схемы проходку ствола следует прервать, оставив над кровлей водоносной толщи достаточно мощный (по расчету) целик из водоупорных пород, разделать буровую камеру, установить кондукторы скважин и уложить на забое водонепроницаемую бетонную подушку, пробурить скважины и смонтировать в них замораживающие колонки с питающими трубами.

При наличии в водоносных породах гидростатического напора следует бурить скважины с применением средств их герметизации-сальников, превентеров - или с применением уравнительного трубопровода. В первом случае буровые станки можно установить в забое ствола, во втором - на его нулевой площадке или на полке в стволе выше статического горизонта подземных вод. По окончании монтажа каждой колонки устье скважины следует герметизировать

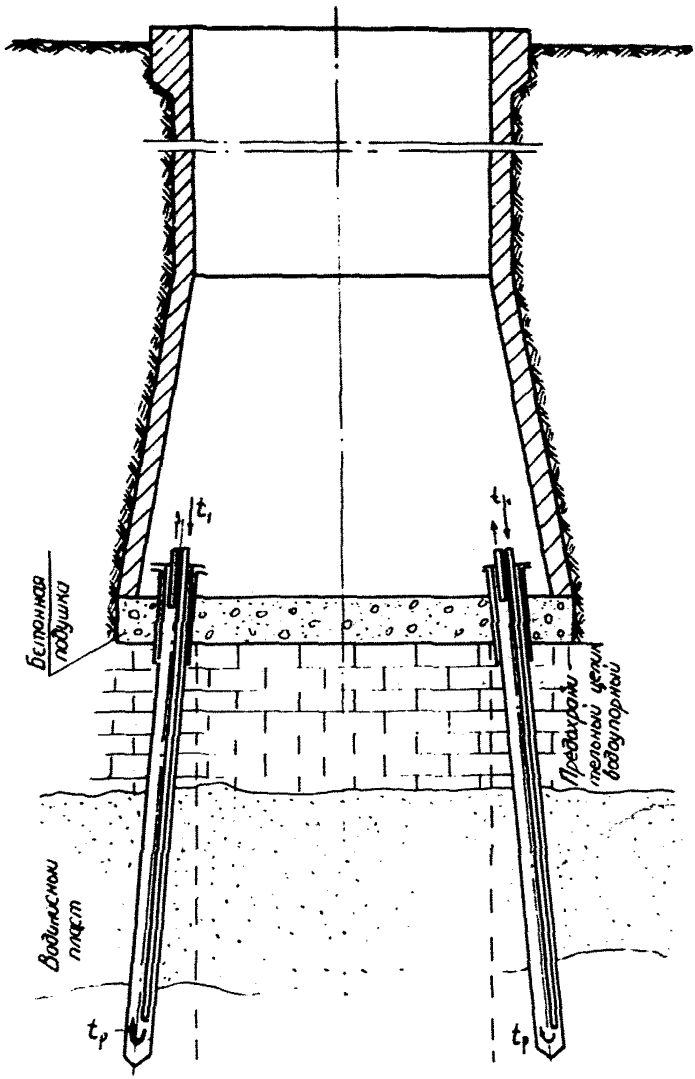


Рис. 3. Местное замораживание пород.

путем цементации или с помощью запорного устройства.

Выбор для конкретных условий той или иной схемы замораживания следует обосновывать технико-экономическими расчетами.

II. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД

1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Для проектирования замораживания пород должны быть представлены следующие инженерно-геологические данные:

- геологический разрез по оси закладываемого ствола, характеристика залегания пород в его районе;

- минералогический и гранулометрический состав пород;

- объемный вес, пористость, влажность (весовая или объемная), угол внутреннего трения пород;

- предел прочности пород на одноосное сжатие в естественном и в замороженном состоянии (при температурах -5, -10 и -15^{0}С);

- коэффициенты теплопроводности и теплоемкость пород в естественном и замороженном состоянии, распределение температуры пород по глубине;

- коэффициенты фильтрации пород, гидравлические уклоны, направления и истинные скорости движения подземных вод, статические напоры по каждому водоносному горизонту и характеристика гидравлической связи между горизонтами;

- степень и состав минерализации подземных вод, температуры замерзания естественных минеральных растворов;

- источники водоснабжения, дебит и температура воды, используемой для замораживающей станции.

Значения некоторых свойств пород приведены в справочных таблицах 7-18. Их также можно определить по номограммам (рис.4 - 19).

2. ГЛУБИНА ЗАМОРАЖИВАНИЯ

Глубину замораживания пород соответственно геологическим условиям проходки ствола следует принимать:

- при неустойчивых водоносных породах вне зависимости

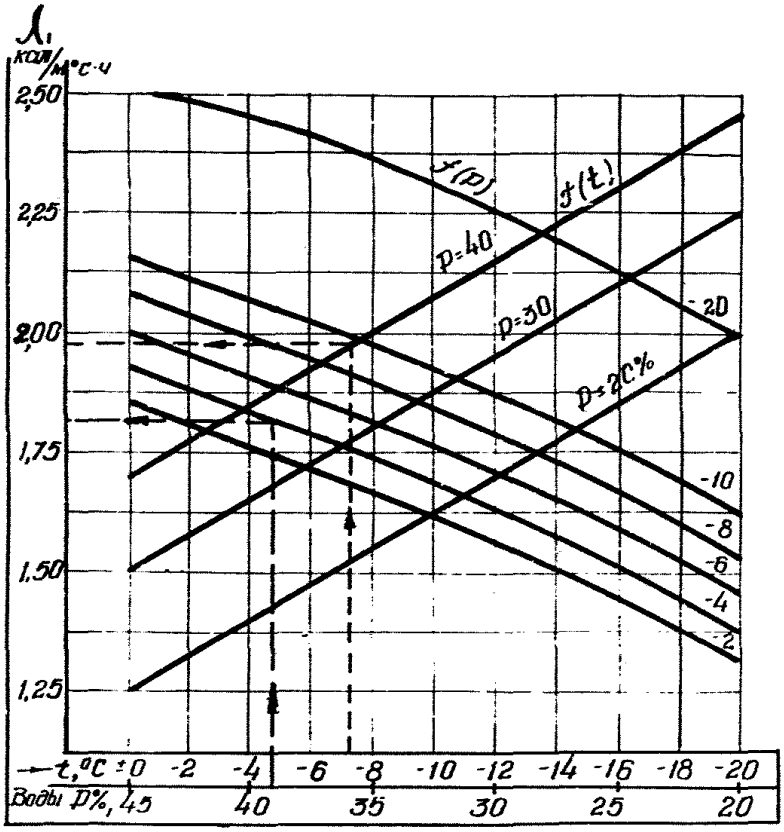


Рис. 4. Графики для определения коэффициента теплопроводности песка λ_1.

p - пористость породы,%;

t - температура замороженной породы, °С.

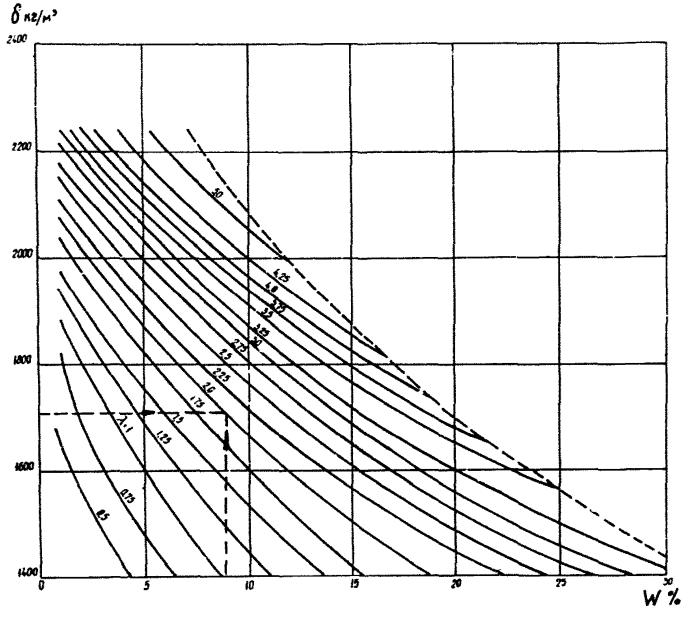


Рис. 5. Номограмма для определения коэффициента теплопроводности замороженного песка λ_1 в зависимости от объёмного веса скелета породы (кг/м^3) и весовой влажности (%)

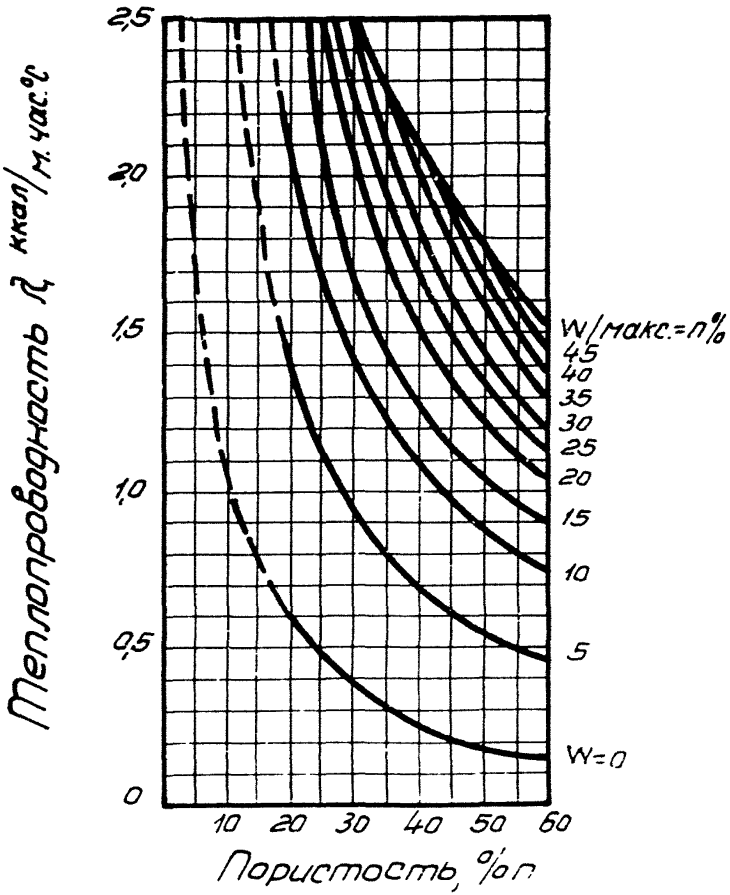


Рис. 6. Графики значений коэффициента теплопроводности чистого песка в функции объёмной влажности и пористости (при t = +20°С)

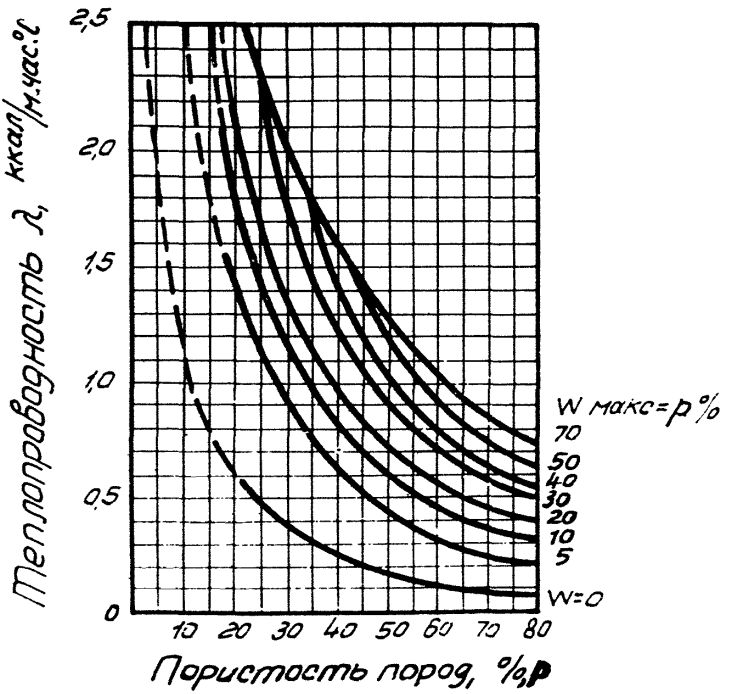


Рис. 7. Графики значений коэффициента теплопроводности супесчаной и суглинистой породы в функции объемной влажности и пористости (при $t = +20^{0}C$)

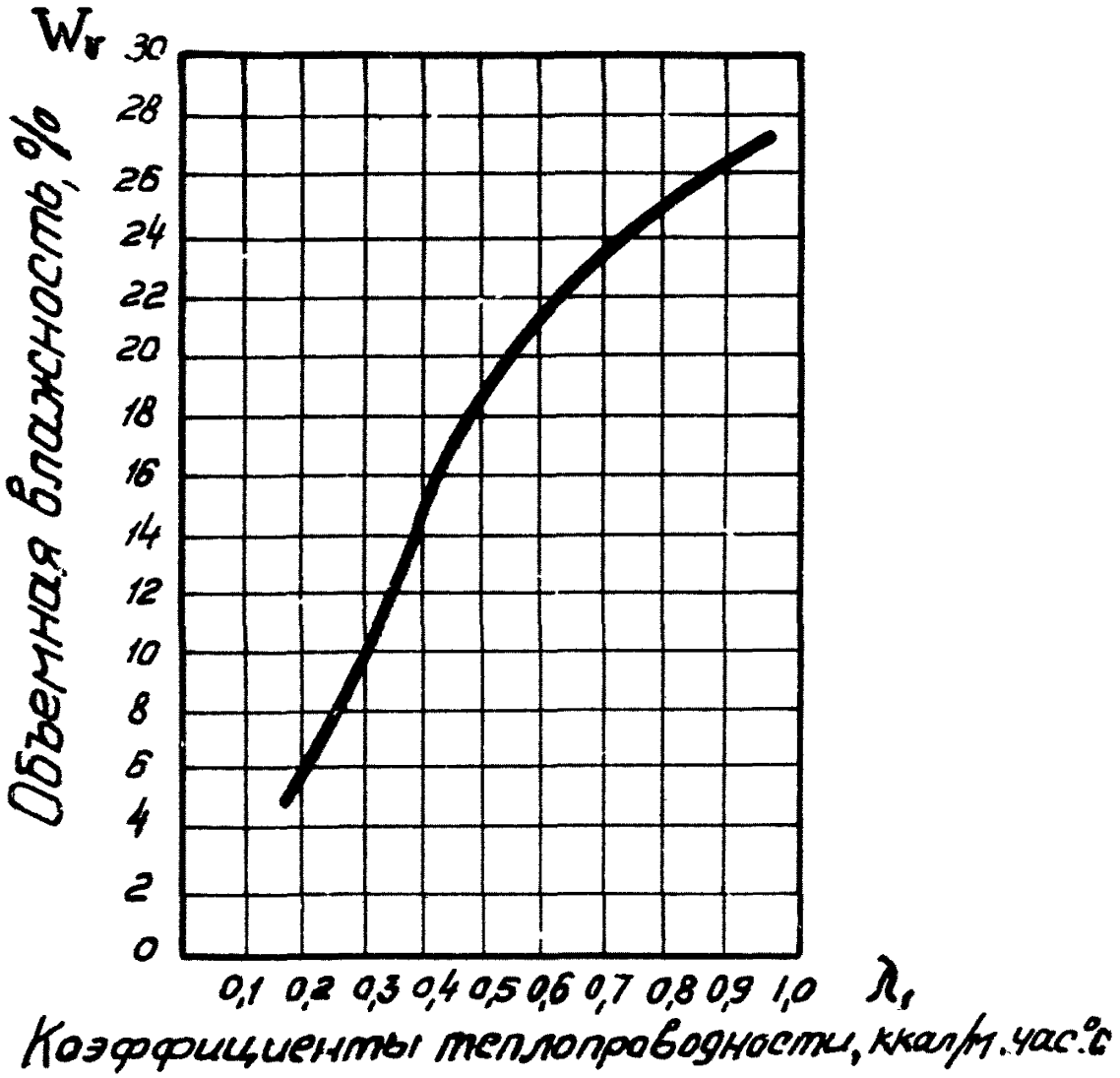


Рис. 8. График зависимости теплопроводности глины от влажности

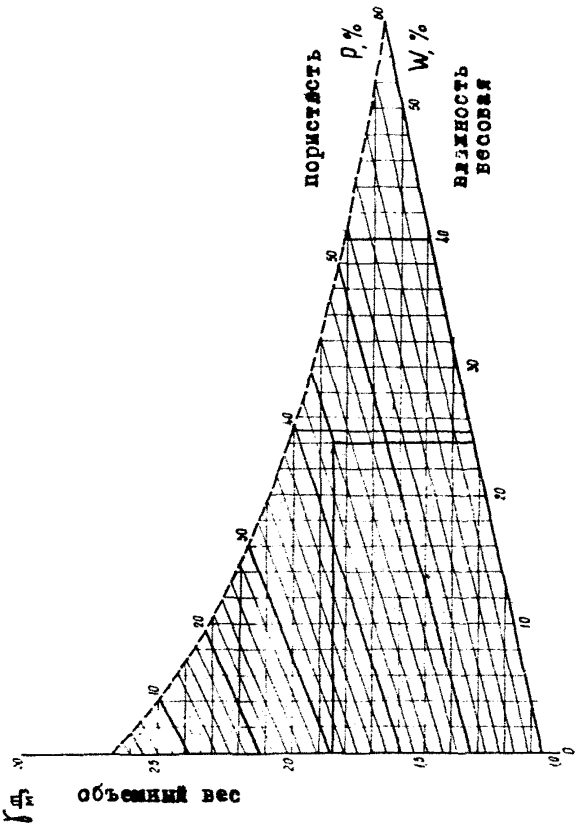


Рис. 9. Номограмма для определения пористости породы в зависимости от объёмного веса и весовой влажности породы

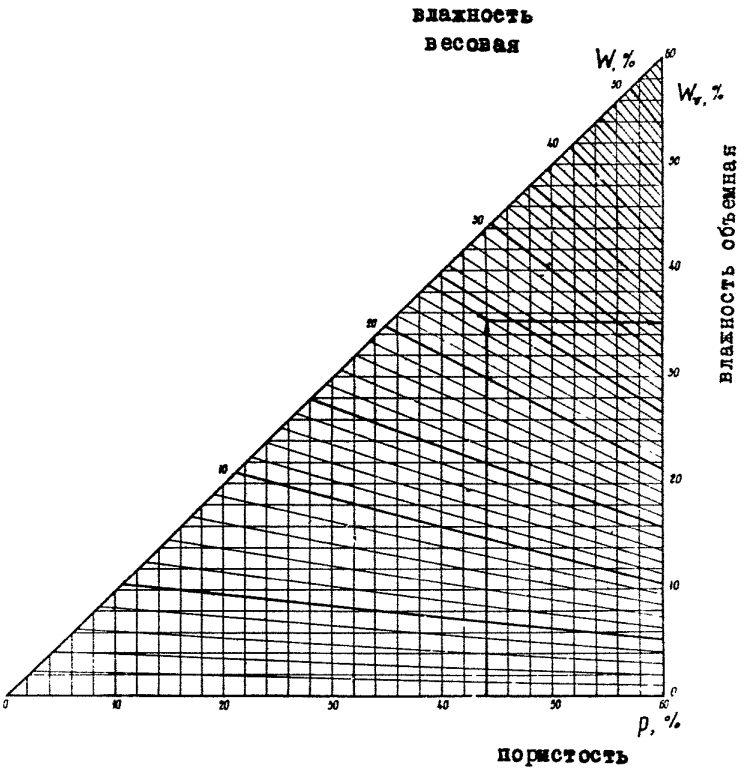


Рис. 10. Номограмма для определения объёмной влажности породы в зависимости от пористости и весовой влажности

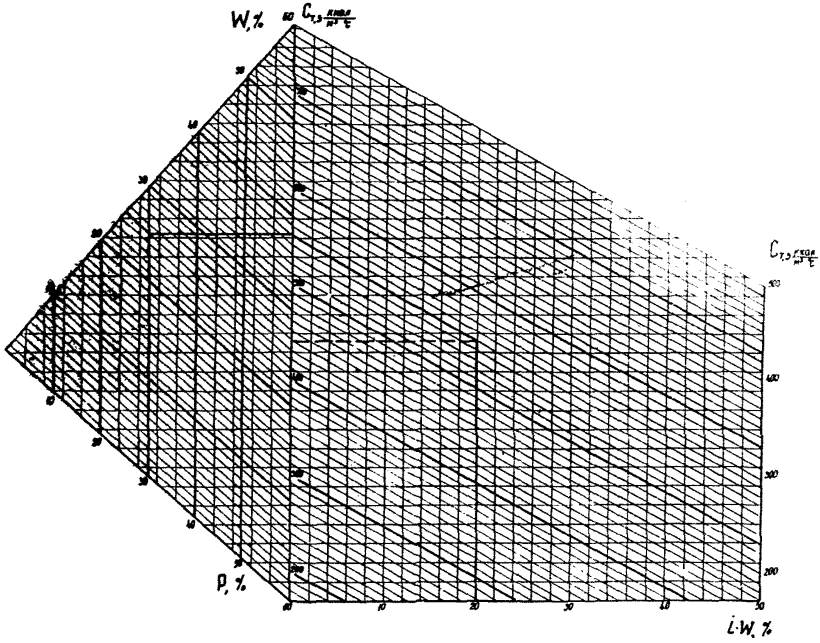


Рис. II. Номограмма для определения объёмной теплоёмкости породы в естественном (талом) и замороженном состояниях в зависимости от пористости, объёмной влажности и льдистости

P - пористость породы,%;
i - льдистость породы,в долях единицы;
W - влажность весовая,%;
C - теплоемкость объемная породы, $\frac{ккал}{м^3 \cdot ^\circ C}$

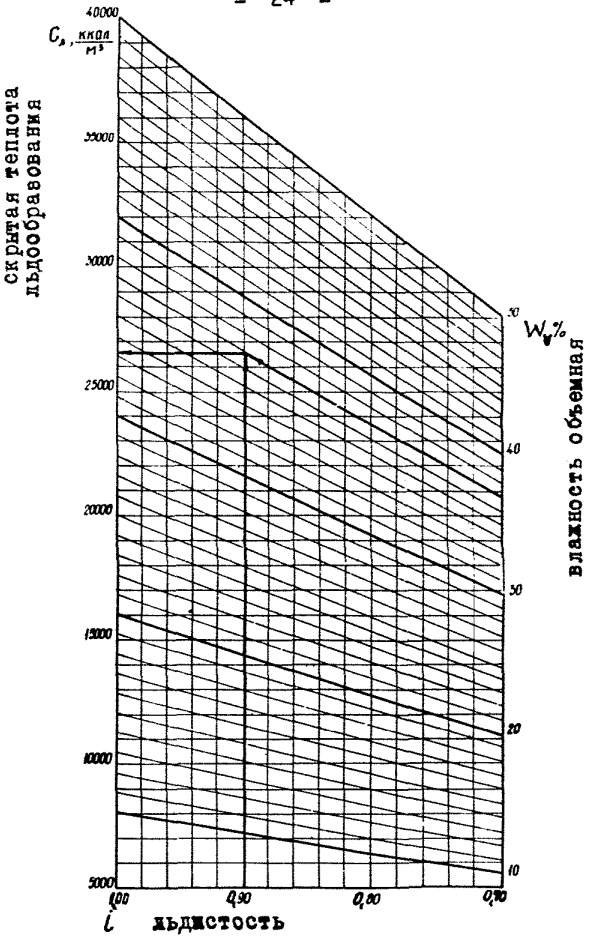


Рис. I2. Номограмма для определения скрытой теплоты льдообразования для I м³ породы в зависимости от объёмной влажности и льдистости

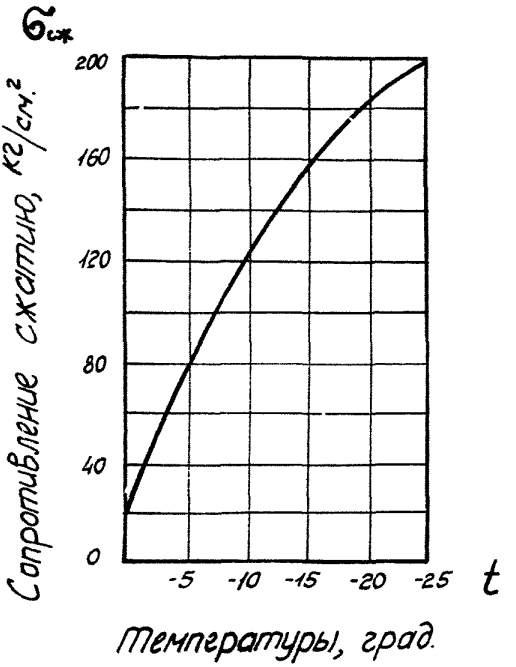


Рис.13 . Кривая прочности замороженного песка.

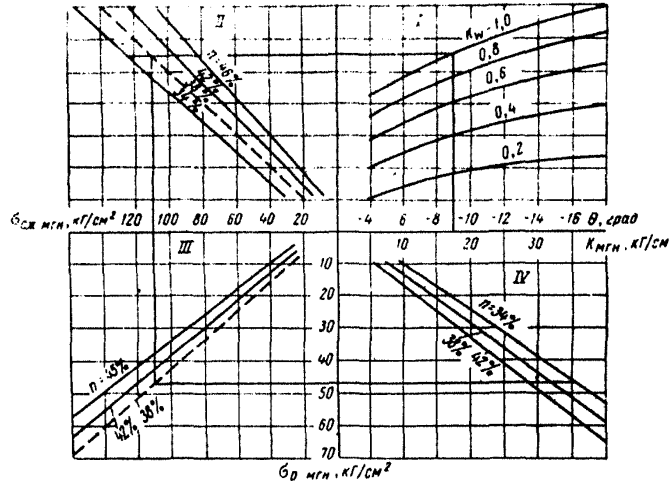


Рис. 14. Номограмма для определения условно-мгновенных прочностных характеристик замороженного песка средней крупности в зависимости от температуры, коэффициента влажности и пористости

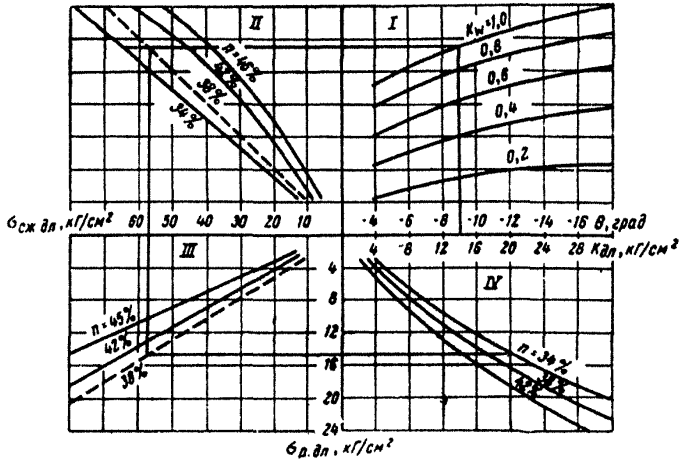


Рис. 15. Номограмма для определения длительных прочностных характеристик замороженного песка средней крупности в зависимости от температуры, коэффициента влажности и пористости

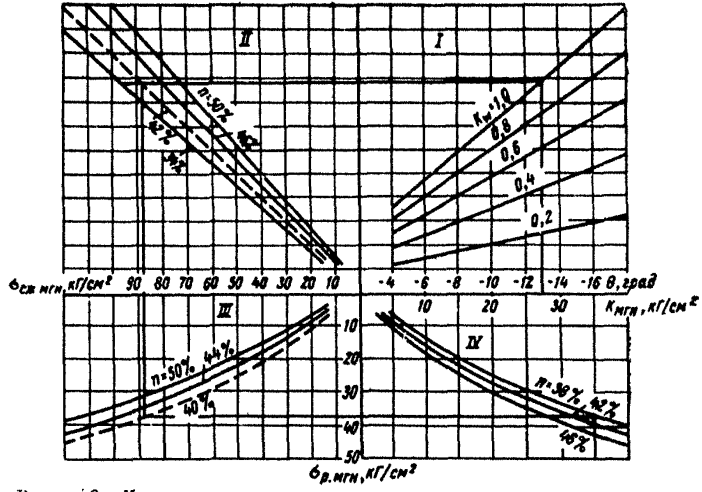


Рис. 16. Номограмма для определения условно-мгновенных прочностных характеристик замороженного пылеватого песка в зависимости от температуры, коэффициента влажности и пористости

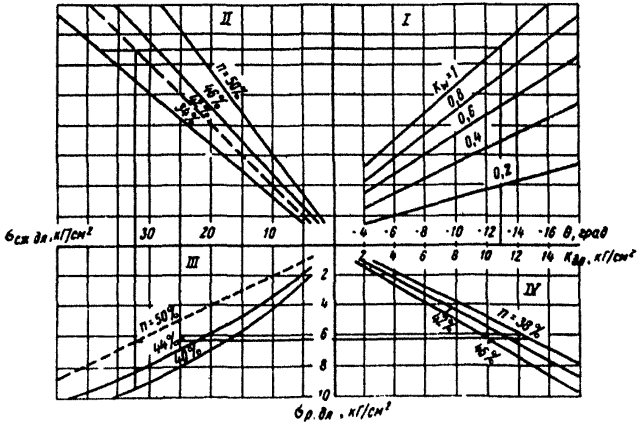


Рис. 17. Номограмма для определения длительных прочностных характеристик замороженного пылеватого песка в зависимости от температуры, коэффициента влажности и пористости

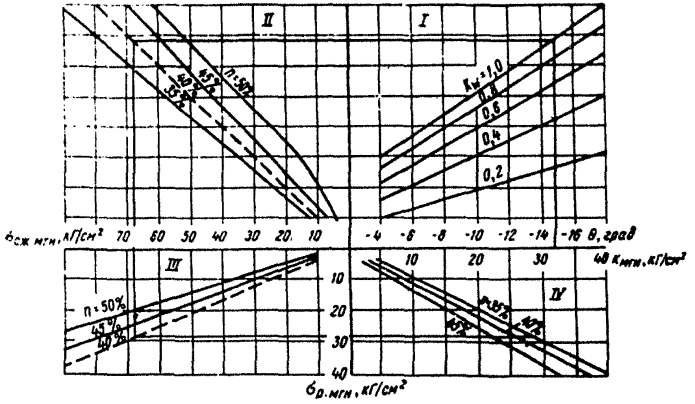


Рис. I8. Номограмма для определения условно-мгновенных прочностных характеристик замороженной глины в зависимости от температуры, коэффициента влажности и пористости

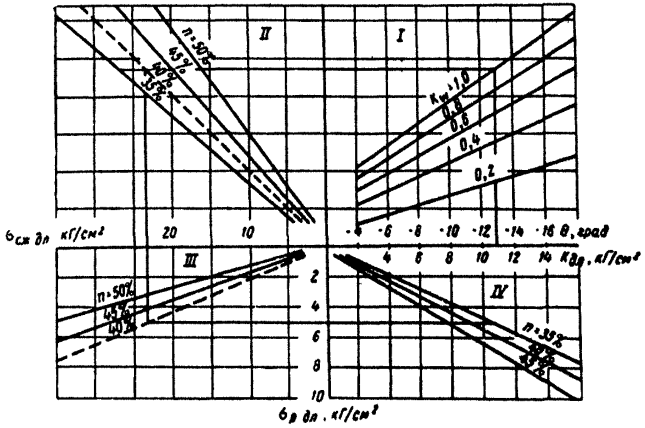


Рис. I9. Номограмма для определения длительных прочностных характеристик замороженной глины в зависимости от температуры, коэффициента влажности и пористости

Обозначения к рис. №№ 14-19:

1. n - пористость породы, % ;
2. K_w - коэффициент влажности в долях единицы;
3. θ - температура породы, ^{o}C ;
4. $\sigma_{сж.мгн.}$ - мгновенная прочность породы на одноосное сжатие, кг/см^2;
5. $\sigma_{сж.дл.}$ - то же длительная , кг/см^2;
6. $\sigma_{р.мгн.}$ - мгновенная прочность породы на растяжение, кг/см^2;
7. $\sigma_{р.дл.}$ - то же длительная, кг/см^2;
8. $K_{мгн.}$ - мгновенное сцепление породы, кг/см^2;
9. $K_{дл.}$ - то же длительное, кг/см^2;

от ожидаемых притоков воды - на всю мощность этих пород с заглублением в подстилающие водоупорные породы для обеспечения промерзания контакта пород и предотвращения поступления воды в ствол через донную часть ледопородного ограждения (величину заглубления определять проектом и принимать не менее 2 м);

- при устойчивых водоносных породах - до глубины, ниже которой приток воды в ствол ожидается не более 8 $м^3$/час или его можно довести до этой величины применением тампонажа.

При расположении зумпфа ствола в водоносных породах или недостаточной мощности водоупора необходимо предусматривать создание ледопородного днища. Глубину замораживания в этом случае следует увеличить на толщину этого днища, определяемую расчетом по формуле:

$$h = \frac{Д_{пр} \cdot P_{гст}}{4 \cdot K}, м, \qquad (I)$$

где $Д_{пр}$ - диаметр ствола в проходке, м;

$P_{гст}$ - гидростатическое давление в водоносных породах, $кг/см^2$;

K - допускаемое напряжение на срез (скалывание) замороженных пород днища, $кг/см^2$ (табл.I6-I8).

При местном замораживании толщину предохранительного целика из водоупорных пород следует определять по этой же формуле (I), при допускаемом напряжении на срез пород целика - по табл.I9.

На калийных месторождениях, где водоупором являются отложения каменной соли, заглубление замораживающих скважин в соленосную толщу следует принимать не более 2 м.

3. НАГРУЗКА НА ЛЕДОПОРОДНОЕ ОГРАЖДЕНИЕ СТВОЛА

Горное давление на внешнюю поверхность ледопородного ограждения в неустойчивых породах следует определять по формуле

$$P_г = (\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \ldots + \gamma_n h_n) tg^2 \frac{90 - \varphi_n}{2}, т/м^2 \qquad (2)$$

где γ_i - объемные веса пород геологического разреза, $т/м^3$;

h_i - соответственно мощности пластов пород, м;

φ_n - угол внутреннего трения породы того пласта, в котором определяется давление.

Для водонасыщенных пород, залегающих ниже статического уровня подземных вод, при определении горного давления следует принимать взвешенный объёмный вес пород по табл.6 и отдельно учитывать гидростатическое давление, определяемое по формуле

$$P_{гст} = \gamma_в \cdot H_{гст}, \ т/м^2, \qquad (3)$$

где $\gamma_в$ - объемный вес подземной воды, $т/м^3$;

$H_{гст}$ - высота статического уровня воды над отметкой глубины, для которой определяется давление, м.

Полную нагрузку на ледопородное ограждение ствола следует принимать как сумму горного и гидростатического давлений

$$P = P_г + P_{гст}, \ т/м^2; \qquad (4)$$

Нагрузку на ледопородное ограждение ствола в устойчивых водоносных породах следует определять согласно "Временной инструкции ВНИМИ", утвержденной Госкомитетом по топливной промышленности 27.УП.64 г.

Ш. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕДОПОРОДНОГО ОГРАЖДЕНИЯ СТВОЛА

1. РАСПОЛОЖЕНИЕ ЗАМОРАЖИВАЮЩИХ СКВАЖИН

Расположение замораживающих скважин вокруг ствола шахты, как правило, следует предусматривать однорядное. Большее число рядов допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании в следующих случаях:

- два ряда (по концентричным окружностям) при расчетной толщине ледопородного ограждения более 3 м;

- два-три ряда в качестве барьера со стороны фильтрационного потока при его истинной скорости более 0,25 м/сутки и температуре воды выше 20^0С.

Основные параметры схемы расположения скважин следует определять с учетом возможных отклонений скважин от вертикали. Допускаемое предельное отклонение скважин от вертикали на глу-

бине H ,принимается до глубины 50 м в размере 1% от глубины, а свыше 50 м определяется по формуле

$$a = 0,5 + 0,002 \cdot H, \text{ м} \quad (5)$$

Диаметр окружности ряда скважин следует принимать

$$Д_з = Д_{пр} + E + 2a, \text{ м} \quad (6)$$

при обязательном условии

$$Д_з - 2a \geq Д_{пр} + 1,2 \text{ м}. \quad (7)$$

Здесь

$Д_{пр}$ - диаметр ствола в проходке,м;

E - расчетная толщина ледопородного ограждения,м .

Расстояние между устьями замораживающих скважин,как правило,следует принимать в пределах l_0 =I,2÷I,3 м .

Расстояние между скважинами на горизонте,для которого производится расчет толщины ледопородного ограждения, нужно определять для случая отклонений двух соседних в ряду скважин от вертикали в противоположные стороны друг от друга. Допускаемое при этом наибольшее расстояние

$$l = l_0 + 2a, \text{ м} \quad (8)$$

а при условии обязательной закладки по проекту между такими скважинами одной дополнительной

$$l = 0,5 \cdot l_0 + 2 \cdot \alpha \text{ ,м} \quad (9)$$

Корректировать и окончательно выбирать задаваемые расстояния между устьями скважин следует на основании техни-

ко-экономических расчетов.

Количество замораживающих скважин

$$N = \frac{\mathcal{K} \cdot \mathit{Д}_2}{\ell_0}, \text{ шт.} \qquad (10)$$

Дополнительные замораживающие скважины для закладки их между основными, где фактические расстояния на расчетном горизонте превышают допускаемые, следует предусматривать при глубине скважин:

- до 100 м в количестве 10% от основных;
- более 100 м —"— 20% .

Количество контрольно-температурных скважин в каждом случае проектирования принимать в зависимости от сложности условий замораживания пород, но не менее двух, а гидронаблюдательных - по одной на каждый обособленный водоносный горизонт.

2. СРЕДНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА И ПРОЧНОСТЬ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОРОД

Среднюю температуру замороженных пород определять по формулам

- в замковой плоскости, проходящей посередине между замораживающими колонками

$$t_{зм} = \frac{\ln \frac{2\rho}{\ell}}{2\ln \frac{2\rho}{\mathit{Д}_0}} t_{ст}, \ ^\circ C; \qquad (11)$$

- в главной плоскости, проходящей через ось ствола и ось замораживающей колонки

$$t_{гл} = \frac{\rho - \frac{\mathit{Д}_0}{2} - \frac{\mathit{Д}_0}{2} \ln \frac{2\rho}{\mathit{Д}_0}}{\left(\rho - \frac{\mathit{Д}_0}{2}\right) \ln \frac{2\rho}{\mathit{Д}_0}} t_{ст}, \ ^\circ C;$$

- по всему сечению в плане ледопородного ограждения при значениях $\frac{\ell}{2.E} \geq 0,6$ $t_{ср} = 0,5\ (t_з + t_{гл})$, °С; (I3)

при значениях $0,15 < \frac{\ell}{2.E} \leq 0,6$

$$t_{ср} = (0,72 - 0,55\ \frac{\ell}{2.E}).\ t_{ст}\ ,^{\circ}С. \qquad (I4)$$

Для предварительных расчетов, когда величины ℓ и E еще не известны, следует принимать

$$t_{ср} = 0,4\ .\ t_{ст},\ ^{\circ}С\ . \qquad (I5)$$

В приведенных формулах (II) - (I5):

$t_{ст}$ - принятая проектом температура внешней поверхности стенки замораживающей колонки, °С;

$\varnothing_0$ - внешний диаметр замораживающей колонки, м;

ρ - радиус промерзания пород от колонки, определяемый как

$$\rho = \sqrt{0,25\ .\ E^2 + 0,25\ .\ \ell^2}\ ,м; \qquad (I6)$$

E - толщина ледопородного ограждения в замковой плоскости, м;

ℓ - расстояние между замораживающими колонками на расчетном горизонте, м.

Соответственно расчетному значению $t_{ср}$ следует принимать прочностные показатели замороженных пород ограждения.

3. ТОЛЩИНА ЛЕДОПОРОДНОГО ОГРАЖДЕНИЯ СТВОЛА

Расчет по методу Ляме-Гадолина

Ледопородное ограждение рассматривается как жестко-упругий толстостенный цилиндр правильной формы и бесконечно большой длины, сжатый равномерно распределенной внешней нагрузкой. По условию прочности максимальное тангенциальное (круговое) напряжение на внутренней поверхности цилиндра не должно превышать допускаемого напряжения на сжатие замороженных пород

$$[\sigma_c] = 0{,}5 \cdot \sigma_c \text{, кг/см}^2, \qquad (17)$$

где σ_c - предел мгновенной прочности замороженных пород на одноосное сжатие, кг/см^2 (табл. 12-14, рис.13-18).

Расчетная формула имеет вид

$$E = 0{,}5 \cdot Д_{пр} \cdot \left(\sqrt{\frac{[\sigma_c]}{[\sigma_c] - 2 \cdot P}} - 1 \right), \text{ м.} \qquad (18)$$

Расчет по этому методу применять при глубине залегания подошвы водоносных неустойчивых пород до 100 м.

Расчет по методу О.Домке

Ледопородное ограждение рассматривается как упруго-пластический толстостенный цилиндр правильной формы и бесконечно большой высоты, сжатый равномерно распределенной внешней нагрузкой и вертикальным давлением от веса цилиндра. По условию прочности замороженные породы на внешней поверхности цилиндра не должны переходить в пластическое состояние, достигаемое в случае, когда разность наибольшего и наименьшего главных нормальных напряжений становится равной пределу прочности замороженных пород на сжатие. Для получения запаса прочности в формулу введен предел длительной прочности $\sigma_{дл}$ - при действии нагрузки свыше 10-15 часов (табл.11-14, рис.14-19).

Расчетная формула в упрощенном виде

$$E = 0{,}5 \, Д_{пр} \cdot \left[0{,}29 \cdot \left(\frac{P}{\sigma_{дл}}\right) + 2{,}3 \cdot \left(\frac{P}{\sigma_{дл}}\right)^2 \right], \text{м} \qquad (19)$$

IУ. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД

I. ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ РАССОЛА

Конструкция замораживающих колонок и параметры движения в них рассола (расход, скорость, режим) должны обеспечивать возможно больший отбор тепла от пород в единицу времени при минимальных затратах энергии на движение рассола и потерях выработанного замораживающей станцией холода.

Соответственно принятой схеме замораживания колонки снабжают одной внутренней питающей или обратной трубой или обеими. Диаметры каждой из них и замораживающей трубы принимают по результатам расчетов из условия минимума полного гидравлического сопротивления движению рассола.

Гидравлическое сопротивление или потерю напора насоса при движении рассола на каждом участке трубопровода, отличающегося своими размерами и режимом движения рассола, следует определять по формуле

$$h_т = \lambda \frac{\mathcal{L}}{d_{вн}} \cdot \frac{W^2}{2g}, м, \qquad (20)$$

а полное гидравлическое сопротивление - как сумму сопротивлений по всему пути движения рассола.

Здесь

$d_{вн}$ - внутренний диаметр трубопровода, м;

$\mathcal{L}$ - длина участка трубопровода одного диаметра, м;

W - скорость движения рассола в трубопроводе, м/сек;

g = 9,81 м/сек^2 - ускорение силы тяжести;

λ - коэффициент гидравлического сопротивления.

Скорость движения рассола в трубопроводе

$$W = \frac{q}{900 \cdot \pi \cdot d^2_{вн}}, м/сек ; \qquad (21)$$

где

q - расход рассола через колонку, м^3/час;

$d_{вн}$ - внутренний диаметр трубопровода, м.

Для потока рассола в межтрубном пространстве колонки при наличии на ее рабочем участке одной питающей (или обратной) трубы вместо $d_{вн}$ следует принимать эквивалентный диаметр

$$d_{эк} = Д_{вн} - d_н, м; \qquad (22)$$

а при наличии на этом участке двух труб одинакового диаметра, из которых одна не работает,

$$d_{эк} = Д_{вн} - \sqrt{2} \cdot d_н, м , \qquad (23)$$

где $Д_{вн}$ - внутренний диаметр замораживающей трубы, м;
$d_н$ - наружный диаметр питающей (обратной) трубы, м.

Коэффициент гидравлического сопротивления по длине трубопровода λ определяется в зависимости от режима движения рассола на данном участке трубопровода, характеризующегося числом Рейнольдса

$$Re = \frac{W \cdot d_{вн} \cdot \gamma}{\mu g}, \qquad (24)$$

где, кроме указанных выше обозначений,

γ - удельный вес рассола, кг/м^3;
μ - коэффициент динамической вязкости, кг сек/м^2.

При $Re \leq 2\,320$ режим движения ламинарный, при $Re > 2\,320$ - турбулентный.

При ламинарном режиме $$\lambda = \frac{64}{Re}; \qquad (25)$$

при турбулентном режиме $$\lambda = \frac{0{,}3164}{\sqrt[4]{Re}}. \qquad (26)$$

Потери напора в стальных трубопроводах на единицу длины можно принимать по табл.20,21.

В качестве замораживающих труб следует применять специальные трубы типа ТЗК (трубы для замораживающих колонок); при их отсутствии для замораживания: пород на глубину до 300 м с температурой рассола до - 25°С допускается применение труб обсадных муфтовых, ГОСТ 632-64, обсадных ниппельных групп прочности С, Д и Е. При выборе диаметров труб следует руководствоваться данными табл.22.

Для замораживающих колонок с одной питающей(или отводящей)трубой средний диаметр последней по условию минимальных гидравлических сопротивлений при ламинарном(обычно)режиме движения рассола можно принимать из соотношения

$$d_{ср} = 0{,}5\,(d_н + d_{вн}) = 0{,}58\,Д_{вн}, м. \qquad (27)$$

Для питающих и отводящих труб следует применять полиэтиленовые трубы (МРТУ 6 № М-821-61 и МРТУ 6 № М-856-61),а для замораживания пород на глубину до 200 м допускаются стальные водогазопроводные трубы, ГОСТ 3262-62.

2. ТЕМПЕРАТУРА РАССОЛА

Температура циркулирующего в замораживающей колонке рассола изменяется во времени и по длине колонки.

Значением рабочей температуры рассола $t_р$ характеризуется полный теплообмен между рассолом в межтрубном пространстве колонки и окружающими породами на определенном горизонте с учетом тепловых потерь в процессе теплопередачи через стенку замораживающей колонки.Эту температуру определять по известной температуре внешней поверхности стенки колонки $t_{ст}$ (заданной при расчете ледопородного ограждения ствола шахты) и перепаду температур на стенке

$$t_р = t_{ст} - \Delta t, \ ^{o}C. \qquad (28)$$

Приближенные значения перепада температур необходимо принимать по справочным данным (табл.26) или в общем случае определять по формуле

$$\Delta t = \frac{K}{\pi \cdot Д_{вн} \cdot \alpha}, \ ^{o}C, \qquad (29)$$

где

$Д_{вн}$ - внутренний диаметр замораживающих труб колонки,м;

K - линейный (для 1 м труб) коэффициент теплопередачи колонки,ккал/м час ^{o}C (см.раздел 3);

α - коэффициент теплоперехода,ккал/м^2 час ^{o}C .

Коэффициент α, в свою очередь, определяется по формуле

$$\alpha = 1{,}66 \frac{\lambda^{0,682}}{D_{вн}^{0,364}} \left(3600 \frac{W c \gamma}{H}\right)^{0,318}, \text{ ккал/м}^2\text{час}^\circ\text{С}, \quad (30)$$

где λ – коэффициент теплопроводности рассола, ккал/м.час, °С;

W – скорость движения рассола в замораживающей трубе колонки (межтрубном пространстве), м/сек;

c – теплоемкость рассола, ккал/кг, °С;

γ – удельный вес рассола, кг/м³.

Значениями температуры рассола на входе в замораживающую колонку t_I и на выходе t_2 характеризуется работа всей замораживающей колонки с учетом внешнего теплообмена – с окружающими породами по всей глубине, и внутреннего – между нисходящим и восходящим потоками рассола через стенку питающей (обратной) трубы.

Для определения значений t_I и t_2 по известному значению t_p, а также при определении температуры рассола на любой отметке глубины следует учитывать изменения температуры рассола на каждые 100 м глубины:

- в питающих и обратных трубах – на 0,3 ÷ 0,5°С;
- в межтрубном пространстве – на 0,7 ÷ 0,8°С.

Приведенные данные справедливы для диаметров замораживающих труб и расходов рассола, принятых согласно рекомендациям настоящего временного руководства (табл.22).

3. ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЗАМОРАЖИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ

Коэффициент теплопередачи рабочего участка колонки

Для рабочего участка колонки общий коэффициент теплопередачи I и замораживающей трубы следует определять по формуле

$$K_p = \lambda_1 \frac{\ell_{ср}}{D_з} S_1 S_2 (t_{1p} - t_з), \text{ ккал/м.час} \quad (31)$$

где λ_I – коэффициент теплопроводности замороженной породы,

залегающей в интервале границ рабочего участка колонки, ккал/м.ч °С.

При залегании разнородных пород в указанном интервале следует учитывать средневзвешенный по мощностям пластов коэффициент теплопроводности

$$\lambda_{1ср} = \frac{1}{H_p}(\lambda_{1-1}h_1 + \lambda_{1-2}h_2 + \ldots + \lambda_{1-n}h_n) \text{ ккал/м.ч°С} \quad (32)$$

Здесь h_i - мощность в м, λ_{1-i} - коэффициент теплопроводности породы в замороженном состоянии каждого пласта в пределах длины рабочего участка колонки H_p.

$\ell_{ср}$ - среднее расстояние между замораживающими скважинами на всем интервале глубин, соответствующем рабочему участку колонки, м.

По данным производственного опыта, среднее для всего кольца скважин расстояние между ними на каком-либо горизонте

$$\ell_{ср} = \ell_0 + (0{,}1 \div 0{,}15).a, \text{ м}; \quad (33)$$

где a - допускаемое отклонение скважин от вертикали на данном горизонте, определяемое согласно формуле (5). Для рабочих участков протяженностью до 20÷30 м следует принимать среднее расстояние между колонками, определяемое по формуле (33) для отметки нижней границы участка; для участков большой протяженности среднее расстояние между колонками следует определять по той же формуле для глубины, соответствующей середине рабочего участка колонки;

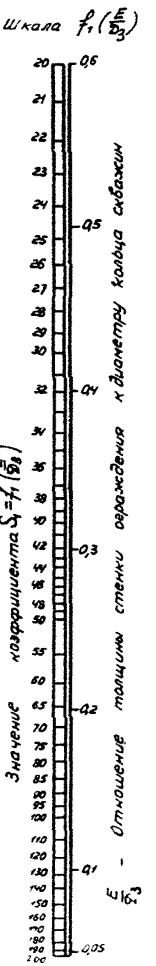
$D_з$ - диаметр окружности расположения замораживающих колонок на поверхности, м;

S_1 - функция отношения $\frac{\ell}{D_з}$, определяемая по шкале (рис. 20);

S_2 - функция величин $\frac{\ell}{D_з}$ и $\ell_{ср}$, определяемая по таблице (приложение 27)

Примечание: При расчете средней холодопроизводительности станции на активном режиме следует принимать среднюю толщину стенки ограждения, равную 0,5 от проектной толщины (при малых толщинах для оценки средней холодопроизводительности следует пользоваться формулой проф. Н.Г. Трупака).

$t_з$ - температура замерзания подземной воды (для пресной воды $t_з = \pm 0°С$)



E - расчетная толщина ледопородного ограждения, м;
$Д_3$ - диаметр окружности заложения замораживающих скважин, м.

Рис. 20. График для определения значений коэффициента S_1

$t_{пр}$ - приведенная температура осевой плоскости (средняя температура пород в осевой плоскости и самих колонок), определяемая по формуле

$$t_{пр} = t_{ст}\left[S_2\left(1 - \frac{d_к}{l_{ср}}\right) + \frac{\pi d_к}{2 l_{ср}}\right]. \qquad (34)$$

Здесь $t_{ст}$ - температура стенки колонки на входе в рабочий участок, назначаемая по температуре рассола с приведенными в табл.26 поправками;

$d_к$ - диаметр замораживающих колонок, м.

Изложенным расчетом определяется общий коэффициент теплопередачи колонки на рабочем участке $K_р$, необходимый для определения полной холодопроизводительности замораживающей станции. Действительный коэффициент теплопередачи колонки на конкретном горизонте пород $K_д$, необходимый для ряда контрольных расчетов при образовании ледопородного ограждения, следует определять по формуле (31) с учетом:

- значения коэффициента теплопроводности замороженной водоносной породы, залегающей на данном горизонте;
- среднего расстояния между колонками на том же горизонте;
- температуры внешней поверхности стенки замораживающей колонки $t_{ст}$ на том же горизонте вместо температуры $t_{ир}$.

Коэффициент теплопередачи нерабочего участка колонки

В пределах нерабочего участка колонки рассол движется по питающим и отводящим трубам, а в межтрубном пространстве практически находится в неподвижном состоянии (конвекционное перемешивание рассола не учитывается). Внешний (с окружающими колонку породами) и внутренний (между потоками рассола в питающей и отводящей трубах) теплообмен происходит через неподвижный рассол в межтрубном пространстве. По данным производственного опыта следует принимать коэффициент теплопередачи 1 м замораживающей трубы для нерабочего участка колонки

$$K_{ир} = 0{,}5 \cdot K_р \quad , ккал/м.час. \qquad (35)$$

Холодопроизводительность замораживающей станции

Холодопроизводительность замораживающей станции при рабочих условиях (расчетном значении температуры подаваемого в колонки рассола t_1 и соответствующем значении температуры испарения аммиака) следует определять по формуле

$$Q_o = 1{,}20\,(K_p \cdot H_p + K_{нр} \cdot H_{нр})\,N \cdot \quad , \text{ккал/час}, \qquad (36)$$

где

K_p и $K_{нр}$ – коэффициенты теплопередачи соответственно для рабочего и нерабочего участков колонки, ккал/м ч °С;

H_p и $H_{нр}$ – протяженности по глубине соответственно рабочего и нерабочего участков колонки, м;

1,20 – коэффициент учета потерь холода (20%) в рассольной сети на поверхности;

N – полное количество включаемых в работу замораживающих колонок, шт;

4. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ АКТИВНОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД

Продолжительность активного замораживания пород

$$T = \frac{(1+\Psi)\,q}{8 \cdot 24 (t_з - t_{ст}) \lambda_1} \left[\frac{\ell^2}{8 \cdot 2} \ln \frac{\ell}{Д_o} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{2\rho}{Д_o} \left(8\rho^2 \arcsin \frac{\ell}{2\rho} - \right.\right. \qquad (37)$$

$$\left.\left. - \pi \ell^2 + 4\ell \sqrt{\rho^2 - 0{,}25\,\ell^2}\right)\right], \text{ сутки}.$$

Коэффициент учета теплопритока от охлаждаемых пород

$$\Psi = \frac{\pi \cdot Д_{пр}^2}{4 \cdot N} \frac{q_1}{E \ell \cdot q} + \ell 45 \frac{A}{q} \sqrt{\frac{q}{(t_з - t_{ст}) \lambda_1}} \ln \frac{2\rho}{Д_o}, \qquad (38)$$

где постоянная

$$A = 1{,}13\, t_н \sqrt{\lambda_2 c_2 \gamma_2}. \qquad (39)$$

В формулах (37-39)

ℓ – расстояние между замораживающими колонками (в м) на расчетном горизонте, определяемое по формулам (8) и (9), поскольку продолжительность активного замораживания рассчитывается по наиболее слабому участку ледопородного ограждения;

$Д_{пр}$ - диаметр ствола в проходке, м;

$Д_о$ - внешний диаметр замораживающих труб колонки, м;

ρ - радиус промерзания пород вокруг колонки, м; при расчете продолжительности активного замораживания до смыкания ледопородного ограждения следует принимать $\rho = 0{,}5 \cdot \ell$, а при расчете до получения полной необходимой толщины ограждения E - определять по формуле (16); следует иметь в виду, что $\arcsin \frac{\ell}{2\rho}$ дает значение угла в радианах;

$t_н$ - начальная (естественная) температура пород, ^oC;

$t_з$ - температура замерзания воды в породах, ^oC;

$t_{ст}$ - температура внешней поверхности стенки замораживающей колонки на расчетном горизонте, ^oC;

λ_1 и λ_2 - коэффициенты теплопроводности породы соответственно в замороженном и естественном (талом) состоянии, ккал/м.ч.^oC;

γ_2 и c_2 - соответственно объемный вес в кг/м^3 и теплоемкость в ккал/кг ^oC породы в естественном состоянии;

q и q_1 - количество отбираемого от породы тепла в ккал/м^3 (теплосодержание породы) соответственно при ее охлаждении от начальной (естественной) температуры до температуры $t_{ср}$, включая скрытую теплоту льдообразования, и при охлаждении до температуры льдообразования;

N - полное количество работающих замораживающих колонок.

Количество отбираемого от пород тепла q и q_1

$$q = i W_{об} \gamma_2 q_л + a t_з + b t_{ср} + c t_н \text{, ккал/м}^3; \quad (40)$$

$$q_1 = 0{,}5 \cdot c \cdot t_н \text{, ккал/м}^3. \quad (41)$$

где

i - льдистость (коэффициент учета части воды в породе, переходящей в лед); для глин $i = 0{,}6$, для чистого песка $i = 1{,}0$;

$W_{об}$ - объемная влажность породы в долях единицы;

$\gamma_в$ - объемный вес подземной воды, кг/м^3;

$q_л$ - скрытая теплота льдообразования, для пресной воды $q_л$ = 80 ккал/кг, для рассолов $q_л$ = 50 ккал/кг;

$t_з$ - температура замерзания породы, °С; при пресной воде принимать: для песков, песчаников, гравелитов $t_з = \pm 0$°С; для различных глин $t_з = -2$°С;

$t_{сф}$ - средняя температура замороженной породы по всему сечению в плане ледопородного ограждения (см. III, разд.2), °С;

$t_н$ - начальная (естественная) температура пород, °С.

Обобщенные коэффициенты определяются по формулам

$$a = 500 \cdot W_{об}; \quad (42)$$

$$b = 500 \cdot (1 + W_{об} - P); \quad (43)$$

$$c = 500 \cdot (1 + 2W_{об} - P), \quad (44)$$

где P - пористость породы в долях единицы

Для определения q и q_1 следует также пользоваться номограммами (рис.11,12).

5. ПАССИВНОЕ ЗАМОРАЖИВАНИЕ ПОРОД И ЕГО ДЛИТЕЛЬНОСТЬ

Замораживание пород, осуществляемое после достижения ледопородным ограждением проектных размеров, средней температуры и прочности для сохранения этих параметров до окончания проходки ствола и крепления его постоянной крепью на участке залегания водоносных пород, называется пассивным. Продолжительность пассивного замораживания

$$T_п = \frac{H - H_г}{V_{пр}}, \text{ суток} \quad (45)$$

где

H - полная глубина замораживания, м;

$H_г$ - глубина готового участка ствола к концу периода активного замораживания пород по проекту, м;

$V_{пр}$ - средняя проектная скорость проходки ствола на участке залегания водоносных пород, м/сутки. Эту скорость следует определить по сводному графику проходки,

предусматривающему выполнение всего комплекса входящих работ в соответствии с установленными для них нормативами затрат времени.

Рабочую холодопроизводительность замораживающей станции для периода пассивного замораживания, как правило, следует принимать равной в среднем половине рабочей холодопроизводительности станции в период активного замораживания. Для особо важных объектов с весьма сложными горногеологическими условиями проектной организацией по согласованию с заказчиком и производителем работ холодопроизводительность станции на период замораживания до полного пересечения стволом шахты водоносных пород может быть принята равной холодопроизводительности периода активного замораживания.

V. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАМОРАЖИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ

1. АММИАЧНЫЕ КОМПРЕССОРЫ

При проектировании замораживающей станции выбор аммиачных компрессоров необходимо производить с учетом:

- значений основных параметров режима работы и необходимой рабочей холодопроизводительности станции;
- типа и парка компрессоров, имеющихся в наличии у производителя работ;
- номенклатуры выпускаемых промышленностью компрессоров (по каталогам заводов-изготовителей).

Основными параметрами работы замораживающей станции являются характеристики состояния аммиака:

- температура и давление испарения;
- температура и давление конденсации;
- температура перед регулирующим вентилем;
- степень сжатия в цилиндрах компрессоров.

Температуру испарения аммиака t_0 по отношению к расчетной температуре подаваемого в замораживающие колонки рассола t_1 (IУ, разд.2, стр. 42) следует принимать:

при одноступенчатом цикле сжатия - ниже на $5^{\circ}C$;
при двухступенчатом - ниже на $7-8^{\circ}C$.

Давление испарения аммиака P_0 при известной температуре испарения t_0 определяется по табл.2.

Температуру конденсации аммиака $t_к$ принимать на 10°С выше температуры, подаваемой в конденсаторы воды, а давление конденсации $P_к$ также по табл.2 соответственно значению $t_к$.

Степень сжатия паров аммиака определяется отношением

$$\varepsilon_p = \frac{P_к}{P_0} \qquad (46)$$

При расчетном значении $\varepsilon_p \leq 8$ следует предусматривать работу станции по циклу одноступенчатого сжатия аммиака, а при $\varepsilon_p > 8$ – предусматривать перевод станции на работу по циклу двухступенчатого сжатия аммиака после достижения температуры испарения минус 20÷25°С. Необходимо иметь в виду, что при высокой степени сжатия возрастают необратимые потери, и суммарная холодопроизводительность одноступенчатых машин оказывается меньше суммарной холодопроизводительности тех же машин, переведенных на двухступенчатый цикл с той же общей степенью сжатия.

При двухступенчатом цикле сжатия отношение часового объема, описываемого поршнями цилиндров второй ступени, к часовому объему, описываемому поршнями цилиндров первой ступени, должно соблюдаться в пределах

$$\varepsilon_V = \frac{V_{ч2}}{V_{чI}} = 0{,}2 \div 0{,}4 \qquad (47)$$

Давление переохлажденных паров аммиака в промежуточном сосуде

$$P_{пс} = \sqrt{P_0 \cdot P_к}\ , \text{ ати}, \qquad (48)$$

рабочая холодопроизводительность компрессоров при работе по циклу двухступенчатого сжатия

$$Q_{ор} = V_{чI} \cdot q_{vр} \cdot \lambda_1 \ , \text{раб.ккал/час}, \qquad (49)$$

где $V_{чI}$ – часовой объем, описываемый поршнями цилиндров первой ступени, м³/час;

$q_{vр}$ – объемная холодопроизводительность I м³ аммиака при рабочих температуре испарения и температуре перед регулирующим вентилем ($t_{рв}$ в этом случае определяется по формуле

$t_{р.в} = t_{пс} + 2 \div 3^0$, а $t_{пс}$ по табл.2 при известном $P_{пс}$);

λ_I - коэффициент подачи цилиндров I ступени.

Для подбора аммиачных компрессоров по их рабочей холодопроизводительности следует пользоваться заводскими графиками-нормалями, либо пересчитывать холодопроизводительность в стандартную и руководствоваться справочными данными компрессоров (табл.28,29).

Пересчет холодопроизводительности производится по формуле

$$Q_{ост} = \frac{q_{vст} \cdot \lambda_{ст}}{q_{vр} \ \lambda_р} \cdot Q_{ор,ст.ккал/час}, \quad 60)$$

где $q_{vст}$ и $q_{vр}$ - объемная холодопроизводительность I кг аммиака при стандартных условиях (t_0=-I5^0, $t_к$=+30^0; $t_{рв}$=+25^0) и при рабочих условиях работы компрессоров;

$\lambda_{ст}$ и $\lambda_р$ - коэффициенты подачи компрессоров при стандартных и рабочих условиях.

Необходимо предусматривать установку не менее двух компрессоров - по возможности однотипных или имеющих одинаковую рабочую холодопроизводительность. На периоды плановых и возможных неплановых остановок отдельных компрессоров надо предусматривать однотипные резервные компрессоры на 25 - 50% расчетной рабочей холодопроизводительности станции. При подборе ранее бывших в эксплуатации компрессоров их фактическую холодопроизводительность (в зависимости от степени изношенности) следует принимать на I5 - 20% ниже паспортной.

2. ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Испарители

Испарители нужно устанавливать для каждого компрессора и подбирать по теплопередающей поверхности, равной

$$F_и = \frac{Q_{ор}}{q_1}, \ м^2, \qquad (5I)$$

где $Q_{ор}$ - рабочая холодопроизводительность компрессора, принимаемая для данного расчета при температуре испаре-

ния аммиака: для одноступенчатого цикла t_o = - I8°C;
для двухступенчатого t_o = - 30°C ,ккал/ч

q_f - удельная тепловая нагрузка, принимаемая при t_o =-I8÷20°:
для кожухотрубных испарителей 2000 ÷2250 ккал/м²ч;
для вертикальнотрубных 2500÷3000 ккал/м²ч;
для панельных и других при t_o = -30°C и ниже -
$q_f \approx$ I000 - I250 ккал/м²ч .

При кожухотрубных испарителях вся рассольная сеть получается закрытой, благодаря чему рассол поглощает меньше влаги из воздуха, дольше сохраняет необходимую концентрацию, дает меньшую коррозию аппаратов и трубопроводов. Однако, для компенсации изменения объема всей сети при изменении температуры необходимо устанавливать дополнительно резервуар для запаса рассола - расширительный бак. Вертикальнотрубные и панельные испарители более удобны в монтаже и эксплуатации.

Конденсаторы

Для каждого компрессора предусматривается установка отдельного конденсатора с теплопередающей поверхностью

$$F_к = I,2 \frac{Q_{op}}{q_f}, \text{ м}^2, \qquad (52)$$

где

Q_{op} - рабочая холодопроизводительность компрессора, ккал/ч ;

I,2 - коэффициент учета теплового эквивалента работы компрессора;

q_f - удельная тепловая нагрузка на конденсатор, которую принимать для кожухотрубных горизонтальных и вертикальных конденсаторов - 3500÷4500ккал/м²ч; для оросительных с промежуточным отводом жидкого аммиака - 3500÷5000 ккал/м²ч .

Кожухотрубные конденсаторы следует применять при наличии охлаждающей воды малой жесткости и незагрязненной механическими примесями, при холодопроизводительности компрессоров до 300-400тыс.ккал/ч - горизонтальные, а при большей-вертикальные. Более простые в монтаже и эксплуатации оросительные конденса-

торы

следует применять для станций из двух-трех компрессоров общей холодопроизводительностью до 600-800 тыс.ккал/час.

Промежуточные сосуды

Промежуточные сосуды подбирать по их диаметру

$$Д_{пс} = \sqrt{\frac{V_{чI} \cdot \lambda_I}{2800 \cdot W}}, м, \qquad (53)$$

где $V_{чI}$ - суммарный часовой объем, описываемый поршнями цилиндров первой ступени, подающих пары аммиака в промежуточный сосуд, $м^3$/час;

λ_I - коэффициент подачи цилиндров первой ступени;

W - допускаемая скорость движения паров аммиака в промсосуде (принимать в пределах 0,5 - I,0 м/сек).

Коэффициент подачи необходимо принимать при значении степени сжатия цилиндров первой ступени, при достижении которой осуществляется перевод станции на работу по двухступенчатому режиму.

Промежуточные сосуды следует применять со встроенными змеевиками.

Маслоотделители

Маслоотделитель для каждого компрессора надо подбирать по диаметру нагнетательного патрубка компрессора и применять барботажного типа (табл.34 и 35).

Маслосборники

На всю замораживающую станцию надо иметь один-два маслосборника для сбора масла при поочередном подключении их к маслоотделителям. Тип маслосборника выбирается соответственно холодопроизводительности установленных компрессоров (табл.35).

Аммиачные трубопроводы

Расчет диаметров аммиачных трубопроводов производить по формуле

$$d = \sqrt{\frac{Q_{ор.} \cdot V_o}{2800 \cdot W \cdot q_o}}, м, \qquad (54)$$

где Q_{op} - рабочая холодопроизводительность одного или нескольких компрессоров, от которых аммиак подается в данный трубопровод, ккал/час;

q_o - удельная холодопроизводительность аммиака при рабочих условиях - температурах испарения, конденсации и перед регулирующим вентилем, ккал/кг;

V_o - удельный объем аммиака, находящегося в данном трубопроводе в жидком или газообразном состоянии, $м^3/кг$; следует принимать: для жидкостных трубопроводов - при температуре, взятой для расчета рабочей холодопроизводительности компрессора к выбору испарителей (см. выше); для нагнетательных трубопроводов газообразного аммиака - при температуре паров его на выходе из компрессора (не выше 150^0C); для всасывающих трубопроводов газообразного аммиака - при температуре его испарения;

W - допускаемая скорость движения аммиака в трубопроводе, $\frac{м}{сек}$; для нагнетательных трубопроводов газообразного аммиака - 20 ÷ 25 м/сек и всасывающих - I2 ÷ I5м/сек; для трубопроводов жидкого аммиака до регулирующего вентиля - 0,2 ÷ 0,3 м/сек и после регулирующего вентиля - 0,I м/сек.

Толщину стенок труб необходимо проверять расчетом на прочность при внутреннем давлении 40 $кг/см^2$.

Для аммиачных трубопроводов применять стальные бесшовные трубы: горячекатанные, ГОСТ 8732-58 и холоднотянутые, ГОСТ 8734-58.

Рассольные трубопроводы

Расчет диаметров рассольных трубопроводов производить по формуле

$$d = \sqrt{\frac{Q_{op}}{2800 \cdot W \cdot \gamma \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}}, м, \qquad (55)$$

где Q_{op} - рабочая холодопроизводительность замораживающей станции, ккал/час;

γ - удельный вес рассола принятой концентрации, $кг/м^3$;

c - теплоемкость рассола при средней температуре его к

концу периода активного замораживания $t_{ср} = 0{,}5(t_1 + t_2)$;

t_1 и t_2 - соответственно температура рассола на входе в замораживающие колонки и на выходе из них; разность этих температур следует принимать при обычном режиме замораживания $2^{\circ}C$, при низкотемпературном - $3 \div 4^{\circ}C$;

W - скорость движения рассола в трубопроводе, м/сек; для магистральных рассолопроводов следует принимать в пределах I,5 - 2 м/сек.

Потери напора на отдельных участках рассольной сети следует определять по формуле (20) (IУ, разд.I, стр. 39), а от местных сопротивлений - по формуле

$$h_м = \frac{\gamma}{2g} \cdot W^2 \sum \xi \text{ , м,} \qquad (55)$$

где, кроме известных обозначений, ξ - коэффициент местного сопротивления движению рассола (табл.36).

Рассольные насосы надо выбирать по каталогам при расчетных значениях производительности и полного напора, предусматривая один-два насоса в работе и не менее одного в резерве. Мощность электродвигателя насоса

$$N = \frac{Q_н \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta}, \text{ квт,} \qquad (37)$$

где

$Q_н$ - расход рассола на каждый насос в работе, $м^3$/час;

$H = \sum h_т + \sum h_м$ - полный напор в рассольной сети, м;

η - коэффициент полезного действия насоса, принимаемый равным 0,7 ÷ 0,8.

Характеристики основных типов насосов, применяемых для замораживающих станций, приведены в табл.37.

3. ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Расход воды

Вода расходуется на охлаждение аммиака для превращения его в конденсаторах из газа в жидкость и на охлаждение цилиндров компрессоров. При прямоточном водоснабжении использованная вода полностью сбрасывается, при циркуляционном - часть воды используется повторно с добавлением к ней необходимого количества свежей. Как правило, необходимо предусматривать циркуляционное водоснабжение замораживающих станций. Температура подаваемой воды не должна превышать + 25°С.

Общее количество подаваемой на конденсаторы в единицу времени воды

$$Q_в = \frac{1,2\ Q_{оР}}{1000.(t_{в_2} - t_{в_1})}, \text{м}^3/\text{ч}. \qquad (58)$$

где

$Q_{оР}$ - рабочая холодопроизводительность станции, ккал/ч;

$t_{в_1}$ и $t_{в_2}$ - температура воды, соответственно подаваемой на конденсаторы и выходящей из конденсаторов, °С; разность $(t_{в_2} - t_{в_1})$ в зависимости от типов конденсаторов следует принимать в пределах 3-х (оросительные конденсаторы)- 5-ти (кожухотрубные конденсаторы) °С.

Расход добавляемой свежей воды следует определять по формуле (58) с подстановкой вместо $t_{в_1}$ температуры свежей воды $t_{в.св.}$ (при прямоточном водоснабжении также $t_{в_1} = t_{в.св.}$). В целом расход свежей воды следует принимать в размере 30-50% общей подачи на конденсаторы.

Расход свежей воды при циркуляционном водоснабжении с использованием охлаждающих устройств (градирен) определяется специальным теплотехническим расчетом.

При оросительных конденсаторах для компенсации потерь воды от испарения необходимо учитывать дополнительный расход ее в размере 0,003-0,005 м³/ч на каждую 1000 ккал тепла, отбираемого от аммиака на конденсаторах.

Расход воды на охлаждение цилиндров компрессоров следует принимать по паспортным данным компрессоров (табл.28-29).

Расход хлористого кальция

Необходимое количество рассола определяют по емкости рассольной сети - объемам заполнения замораживающих колонок, рассольных трубопроводов, испарителей (по их паспортным данным) и расширительного бака.

Концентрацию (плотность) рассола надо принимать такой, чтобы температура замерзания его была ниже температуры испарения аммиака на 8-10°С. Расход воды и соли $CaCl_2$ для приготовления 1 м³ рассола принимать по справочным данным (табл.1). Полная потребность в соли хлористого кальция должна приниматься с запасом на 15-20% больше расчетного.

Расход аммиака

Расчет потребности в жидком синтетическом аммиаке следует производить по емкости элементов аммиачной сети и нормам их заполнения (табл.38) с учетом потерь при зарядке (10%) и в процессе эксплуатации (10% ежемесячно).

Расход электроэнергии

Потребление электроэнергии за весь период работы

$$Q_{эл} = 24 \cdot T \cdot \Sigma K_{з-i} \frac{N_i}{\eta_i}, \quad \text{квтч}, \qquad (39)$$

где

T - длительность периода замораживания при работе определенного числа электродвигателей компрессоров, насосов, рассоломешалок, вентиляторов; суток;

$K_{з-i}$ - коэффициент загрузки каждого электродвигателя;

N_i - номинальная мощность каждого электродвигателя, квт;

η_i - к.п.д. электродвигателя по его паспортным данным.

Приложения

Таблица I

ОСНОВНЫЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТВОРА ХЛОРИСТОГО КАЛЬЦИЯ (РАССОЛА)

Удельный вес при -+15°С г/см³	Плотность ρ_{Be}	Температура замерзания, °С	Содержание соли, г		Состав раствора для 1 м³ раствора		Теплопроводность λ при t, °С, ккал/м час. °С,						Теплоемкость, С ккал/кг °С, при t, °С						Вязкость кгсек/м² при t, °С · 10^4						
			в 100 г раствора	в 100 л воды	соли $CaCl_2$ кг	воды, л	± 0	- 10	- 20	- 30	- 40	- 45	± 0	- 10	-20	- 30	- 40	- 45	+10	± 0	- 10	-20	-30	- 40	- 45
I,I0	I3,2	-7,I	II,5	I3,0	I25,35	974,47	0,475	-	-	-	-	-	0,836	-	-	-	-	-	I,69	2,34	-	-	-	-	-
I,II	I4,4	-8,I	I2,6	I4,5	I38,6	97I,4	0,472	-	-	-	-	-	0,822	-	-	-	-	-	I,75	2,43	-	-	-	-	-
I,I2	I5,6	-9,I	I3,7	I6,0	I52,07	967,9	0,469	-	-	-	-	-	0,808	-	-	-	-	-	I,82	2,52	-	-	-	-	-
I,I3	I6,7	-I0,2	I4,7	I7,2	I64,6	965,4	0,466	0,438	-	-	-	-	0,795	0,789	-	-	-	-	I,90	2,6I	4,I4	-	-	-	-
I,I4	I7,8	-II,4	I5,8	I8,5	I78,6	96I,4	0,463	0,435	-	-	-	-	0,782	0,776	-	-	-	-	I,99	2,7I	4,30	-	-	-	-
I,I5	I8,9	-I2,7	I6,8	20,2	I9I,52	958,5	0,460	0,433	-	-	-	-	0,770	0,764	-	-	-	-	2,08	2,82	4,45	-	-	-	-
I,I6	20,0	-I4,2	I7,8	2I,7	206,48	953,5	0,456	0,430	-	-	-	-	0,758	0,753	-	-	-	-	2,I8	2,93	4,60	-	-	-	-
I,I7	2I,I	-I5,7	I8,9	23,3	22I,I3	948,9	0,452	0,427	-	-	-	-	0,747	0,742	-	-	-	-	2,28	3,05	4,76	-	-	-	-
I,I8	22,I	-I7,4	I9,9	24,9	234,82	945,2	0,448	0,424	-	-	-	-	0,737	0,73I	-	-	-	-	2,38	3,I8	4,94	-	-	-	-
I,I9	23,I	-I9,2	20,9	26,5	248,7I	94I,3	0,444	0,42I	-	-	-	-	0,727	0,72I	-	-	-	-	2,50	3,34	5,I7	-	-	-	-
I,20	24,2	-2I,2	2I,9	28,0	262,8	937,2	0,440	0,4I8	0,40	-	-	-	0,7I7	0,7II	0,705	-	-	-	2,64	3,5I	5,43	8,78	-	-	-
I,2I	25,I	-23,3	22,8	29,6	275,88	934,I	0,436	0,4I6	0,398	-	-	-	0,708	0,702	0,696	-	-	-	2,78	3,68	5,72	9,I9	-	-	-
I,22	26,I	-25,7	23,8	3I,2	290,36	929,6	0,432	0,4I3	0,395	-	-	-	0,700	0,694	0,688	-	-	-	2,93	3,89	6,04	9,66	-	-	-
I,23	27,I	-28,3	24,7	32,9	303,8I	926,2	0,428	0,4I0	0,393	-	-	-	0,692	0,686	0,680	-	-	-	3,I0	4,I0	6,39	I0,2	-	-	-
I,24	28,0	-3I,2	25,7	34,6	3I8,68	92I,3	0,424	0,407	0,39I	0,376	-	-	0,685	0,679	0,673	0,667	-	-	3,28	4,34	6,8I	I0,8	I5,I	-	-
I,25	29,0	-34,6	26,6	32,6	332,5	97I,5	0,420	0,404	0,389	0,375	-	-	0,678	0,672	0,666	0,660	-	-	3,46	4,6I	7,22	II,4	I6,2	2I,4	24,2
I,26	29,9	-38,6	27,5	37,6	346,5	9I3,5	0,4I6	0,40I	0,386	0,374	-	-	0,67I	0,665	0,659	0,653	-	-	3,68	4,90	7,67	I2,I	I7,2	23,3	26,5
I,27	30,8	-43,6	28,4	39,7	360,68	909,3	0,4I2	0,398	0,384	0,373	0,359	-	0,664	0,658	0,652	0,646	0,640	0,636	3,94	5,22	8,I8	I2,9	I8,2	26,4	29,8
I,28	3I,7	-50,I	29,4	4I,6	376,32	903,7	0,408	0,395	0,382	0,372	0,359	0,346	0,658	0,652	0,646	0,640	0,634	0,628	4,25	5,60	8,8	I4,I	2I,7	32,8	33,9
I,286	32,2	-55,0	29,9	42,7	384,5I	90I,5	0,406	0,393	0,38I	0,37I	0,360	0,349	0,654	0,688	0,642	0,636	0,630	0,623	4,42	5,80	9,22	I4,7	23,0	30,0	37,6
I,29	32,5	-50,6	30,8	43,5	397,52	892,5	0,404	0,392	0,380	0,370	0,360	0,35I	0,35I	-	-	-	-	-	4,60	6,0	9,5I	I5,3	24,3	34,9	40,0
I,30	33,4	-4I,6	3I,2	45,4	405,6	894,4	0,400	0,389	0,377	0,369	0,360	-	0,645	-	-	-	-	-	4,96	6,46	I0,3	I6,5	27,I	40,5	47,2

Таблица 2

ПАРАМЕТРЫ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ АММИАКА (ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АММИАКА)

Температура, °С	Давление абсолютное, кг/см²	Удельный объем		Объемный вес		Энтальпия	
		жидкости, м³/кг	пара, м³/кг	жидкости кг/л	пара, кг/м³	жидкости, ккал/кг	пара, ккал/кг
I	2	3	4	5	6	7	8
+ 35	I3,765	I,7023	0,0959	0,5875	I0,43I	I39,65	407,97
34	I3,874	I,6977	0,0986	0,5890	I0,I38	I38,48	407,88
33	I2,99I	I,6932	0,I0I5	0,5906	9,852	I37,22	407,78
32	I2,6I7	I,6888	0,I045	0,592I	9,573	I36,I6	407,67
3I	I2,252	I,6844	0,I075	0,5937	9,300	I35,00	407,55
+ 30	II,895	I,6800	0,II07	0,5952	9,034	I33,84	407,43
29	II,546	I,6757	0,II40	0,5968	8,775	I32,69	407,30
28	II,204	I,67I4	0,II74	0,5983	8,52I	I3I,54	407,I7
27	I0,870	I,6672	0,I209	0,5998	8,273	I30,39	407,03
26	I0,544	I,6630	0,I245	0,60I3	8,03I	I29,24	406,89
+ 25	I0,225	I,6588	0,I283	0,6028	7,795	I28,09	406,75
24	9,9I5	I,6546	0,I322	0,6043	7,564	I26,94	406,59
23	9,6II	I,6507	0,I363	0,6058	7,339	I25,80	406,43
22	9,3I4	I,6466	0,I405	0,6073	7,II9	I24,66	406,27
2I	9,024	I,6426	0,I449	0,6088	6,904	I23,52	406,I0
+ 20	8,74I	I,6386	0,I494	0,6I03	6,694	I22,38	405,93
I8	8,I96	I,6308	0,I59I	0,6I32	6,289	I20,II	405,57
I6	7,677	I,623I	0,I694	0,6I6I	5,904	II7,85	405,I9
I4	7,I83	I,6I56	0,I806	0,6I90	5,537	II5,59	404,79
I2	6,7I5	I,608I	0,I927	0,62I8	5,I89	II3,35	404,38
+ I0	6,27I	I,6008	0,2058	0,6247	4,859	III,II	403,95
8	5,849	I,5938	0,2200	0,6275	4,546	I08,87	403,50

Таблица 2 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	8
6	5,450	I,5866	0,2353	0,6303	4,250	I06,65	403,04
4	5,073	I,5796	0,2520	0,6331	3,969	I04,43	402,55
2	4,7I6	I,5727	0,2700	0,6358	3,703	I02,2I	402,04
± 0	4,379	I,5660	0,2897	0,6386	3,452	I00,00	40I,52
2	4,060	I,5594	0,3III	0,64I3	3,2I6	97,79	400,98
4	3,76I	I,5528	0,3344	0,6440	2,99I	95,59	400,42
6	3,48I	I,5464	0,3599	0,6467	2,779	93,40	399,85
8	3,2I6	I,5400	0,3878	0,6497	2,579	9I,8I	399,27
- I0	2,966	I,5338	0,4I84	0,6520	2,390	89,03	398,67
II	2,847	I,5307	0,4348	0,6533	2,300	87,94	398,37
I2	2,732	I,5276	0,4520	0,6546	2,2I3	86,85	398,06
I3	2,62I	I,5245	0,4700	0,6559	2,I28	85,76	397,75
I4	2,5I4	I,52I5	0,4880	0,6572	2,046	84,68	397,44
- I5	2,4I0	I,5I85	0,5087	0,6585	I,966	83,59	397,I2
I6	2,309	I,5I55	0,5295	0,6598	I,889	82,50	396,79
I7	2,2II	I,5I25	0,55I3	0,66II	I,8I4	8I,4I	396,46
I8	2,II7	I,5096	0,5742	0,6624	I,742	80,33	396,I3
I9	2,027	I,5066	0,5983	0,6637	I,672	79,25	396,I3
- 20	I,940	I,5037	0,6236	0,6650	I,604	78,I7	395,46
2I	I,856	I,5008	0,6502	0,6663	I,538	77,08	395,I2
22	I,774	I,4980	0,6782	0,6676	I,474	76,0I	394,77
23	I,695	I,495I	0,7076	0,6688	I,4I3	74,93	394,42
24	I,5I9	I,4923	0,7386	0,670I	I,354	73,86	394,07
25	I,546	I,4895	0,77I3	0,67I4	I,297	72,78	393,72
26	I,475	I,4867	0,8056	0,6726	I,242	7I,7I	393,26
27	I,407	I,4839	0,84I8	0,6739	I,I88	70,63	393,00
28	I,342	I,48II	0,880I	0,6752	I,I36	69,56	392,64

Таблица 2 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	8
29	I,273	I,4784	0,9204	0,6764	I,086	68,49	392,28
- 30	I,2I9	I,4757	0,9630	0,6777	I,038	67,42	39I,9I
3I	I,I6I	I,4730	I,0080	0,6789	0,922	66,35	39I,54
32	I,I05	I,4708	I,0555	0,680I	0,948	65,28	39I,I7
33	I,05I	I,4676	I,I058	0,68I4	0,905	64,2I	390,79
34	I,000	I,4649	I,I589	0,6826	0,863	63,I5	390,4I
35	0,950	I,4623	I,2I5I	0,6839	0,823	62,08	390,03
36	0,903	I,4597	I,2746	0,685I	0,785	6I,0I	389,65
37	0,857	I,457I	I,3377	0,6863	0,748	59,94	389,27
- 38	0,8I4	I,4545	I,4045	0,6875	0,7I2	58,88	388,88
- 40	0,732	I,5500	I,5500	0,6900	0,645	56,80	388,I0
- 42	0,657	I,4442	I,7I5	0,6924	0,583	54,6	387,3
- 44	0,588	I,4392	I,90I	0,6948	0,526	52,5	386,5
- 46	0,526	I,4342	2,II2	0,6972	0,473	50,4	385,7
48	0,469	I,4293	2,35I	0,6996	0,425	48,4	384,9
- 50	0,4I7	I,4245	2,623	0,7020	0,38I	46,2	384,I
52	0,370	I,4I97	2,933	0,7044	0,34I	44,2	383,3
54	0,327	I,4I50	3,288	0,7067	0,304	42,2	382,5
56	0,289	I,4I03	3,693	0,709I	0,27I	40,2	38I,7
58	0,254	I,4056	4,I6I	0,7II4	0,240	38,I	380,8
- 60	0,223	I,40I0	4,699	0,7I38	0,2I3	36,I	380,0

Таблица 3

ОБЪЕМНАЯ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ АММИАКА, ККАЛ/М³

Температура испарения, °С	Температура перед регулирующим вентилем, °С													
	- 30	- 25	- 20	- I5	- I0	- 5	± 0	+ 5	+ I0	+ I5	+ 20	+ 25	+ 30	+ 35
- 70	34,2	33,6	33,0	32,4	3I,8	3I,2	30,6	30,0	29,4	28,7	28,I	27,5	26,8	26,2
- 67,5	40,6	39,9	39,2	38,5	37,8	37,0	36,3	35,6	34,9	34,I	33,4	32,6	3I,9	3I,I
- 65	48,0	47,2	46,4	45,5	44,7	43,8	43,0	42,I	4I,3	40,4	39,5	38,6	37,8	36,9
- 62,5	56,0	55,6	54,6	53,7	52,7	5I,7	50,7	49,7	48,7	47,6	46,6	45,6	44,5	43,5
- 60	66,5	65,4	64,2	63,I	6I,9	60,8	59,6	58,4	57,2	56,0	54,8	53,6	52,4	5I,I
- 57,5	77,5	76,2	74,9	73,5	72,2	70,9	69,5	68,I	66,7	65,4	64,0	62,5	6I,I	59,7
- 55	90,2	88,6	87,I	85,5	84,0	82,4	80,8	79,2	77,6	76,0	74,4	72,8	7I,I	69,5
- 52,5	I04,5	I02,7	I00,9	99,I	97,3	95,5	93,7	9I,9	90,0	88,2	86,3	84,4	82,5	80,6
- 50	I20,7	II8,7	II6,6	II4,6	II2,5	II0,4	I08,3	I06,2	I04,I	I0I,9	99,8	97,6	94,4	93,2
- 47,5	I38,6	I36,3	I34,0	I3I,6	I29,2	I26,8	I24,4	I22,0	II9,6	II7,6	II4,5	II2,2	I09,7	I07,I
- 45	I58,8	I56,2	I53,5	I50,8	I48,I	I45,3	I4I,6	I39,8	I37,6	I34,3	I3I,8	I28,6	I25,7	I22,8
- 42,5	I8I,5	I78,4	I75,4	I72,3	I69,2	I66,I	I63,0	I59,8	I56,7	I53,5	I50,3	I47,0	I43,8	I40,5
- 40	206,9	203,4	200,0	I96,5	I92,9	I89,4	I85,9	I82,3	I78,7	I75,I	I7I,4	I67,7	I64,0	I60,3
- 37,5	234,6	230,7	226,8	222,8	2I8,8	2I4,8	2I0,8	206,8	202,9	I98,8	I94,6	I90,4	I86,2	I82,0
- 35	265,5	26I,I	256,7	252,2	247,7	243,2	238,7	234,I	229,6	224,9	220,3	2I5,6	2I0,8	206,I
- 32,5	299,4	294,5	289,5	284,4	279,4	274,4	269,3	264,I	259,I	253,9	248,6	243,4	238,0	232,7
- 30	337,0	33I,4	325,8	320,2	3I4,5	308,8	303,I	297,4	29I,6	285,8	279,9	274,0	268,0	262,0
- 27,5	378,0	37I,7	365,5	359,2	352,9	346,5	340,I	333,7	327,3	320,8	3I4,2	307,6	300,9	294,2
- 25	423,I	4I6,2	409,2	402,I	395,I	388,0	380,9	373,7	366,4	359,2	35I,9	344,4	336,9	329,4
- 22,5	472,2	464,4	456,7	448,8	44I,0	433,I	425,2	4I7,2	409,2	40I,2	393,0	384,7	376,4	368
- 20	526,0	5I7,4	508,8	500,I	49I,4	482,6	473,8	464,9	456,0	447,0	437,9	428,8	4I9,5	4I0,2
- I7,5	584,4	574,9	565,3	555,7	546,0	536,3	526,5	5I6,7	506,9	496,9	486,9	476,8	466,5	456,2
- I5	648,I	637,6	627,0	6I6,3	605,6	594,9	584,I	573,2	562,3	55I,2	540,I	528,9	5I7,6	506,2
- I2,5	7I6,9	705,3	693,6	68I,8	670,0	658,I	646,2	634,2	622,3	6I0,I	597,8	585,5	573,0	560,4
- I0	79I,7	778,9	766,0	753,I	740,I	727,0	7I3,8	700,6	687,2	673,8	660,3	646,7	633,0	6I9,0
- 7,5	872,2	858,I	843,9	829,7	8I5,4	80I,0	786,6	772,0	757,4	742,6	727,8	7I2,8	697,8	682,5
- 5	959,I	943,7	928,I	9I2,5	896,8	88I,I	865,2	894,2	833,I	8I6,9	800,7	784,2	767,7	75I
- 2,5	I046,5	I029,7	I0I2,8	995,8	978,7	96I,5	944,3	926,9	9I4,7	896,9	879,I	86I,I	843	824,7
± 0	II53,2	II34,8	III6,2	I097,4	I078,7	I059,8	I040,8	I02I,7	I002,5	983,I	963,5	943,9	924,I	904

Таблица 4

ТЕМПЕРАТУРА ЗАМЕРЗАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПРОСТЫХ РАСТВОРОВ В °С

Вещество в растворе	Содержание вещества в граммах на I литр чистой воды									Криогидратная точка, °С	Удельный вес, г/см³
	I0	25	50	75	I00	I25	I50	I75	200		
NaCl	- 0,7	- I,7	- 3,0	- 4,4	- 6,0	- 7,5	- 9,5	- II,0	- I3,0	- 2I,2	I,I75
KCl	- 0,6	- I,4	- 2,9	- 4,4	- 5,8	- 7,3	- 9,8	- I0,0	-	- II,I	-
$MgCl_2$	- 0,6	- I,4	- 3,0	- 4,8	- 6,9	- 9,7	- I3,0	- I7,I	- 22,0	- 33,6	I,I84

Таблица 5

ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАМЕРЗАНИЯ[1] НЕКОТОРЫХ СЛОЖНЫХ РАСТВОРОВ (по данным НИИОПС)

Состав раствора																				
	$NaCl$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	175	175	175	175	175	175	175	175
	$MgCl_2$	20	20	50	50	70	70	70	100	100	100	120	20	20	50	50	50	70	70	100
	$CaCl_2$	20	50	20	70	50	70	100	70	100	120	120	20	50	20	50	70	50	100	70
Температура	°C	- 6,8	-8,8	- 10,0	-13,3	-14,5	- 15,7	- 18,5	-24,4	- 27,8	- 33,2	-38,5	-17,6	-20,8	-21,5	-25,7	-26,4	- 26,9	-30,5	-33,0
Состав раствора	$NaCl$	50	50	50	50	50	50	50	175	175	175	175	175							
	$MgCl_2$	10	20	30	50	80	100	200	10	20	30	50	80							
Температура	°C	- 3,4	-4,0	- 5,1	- 8,7	-11,3	-17,5	- 35,0	-13,6	- 15,8	- 17,6	-21,1	-26,3							
Состав раствора	$NaCl$	50	50	50	50	50	50	175	175	175	175	250	250							
	$CaCl_2$	10	20	50	70	100	120	20	50	70	100	10	50							
Температура	°C	- 3,0	-4,1	- 6,1	- 7,4	- 9,7	-11,4	- 13,7	-17,2	- 19,7	- 23,0	-21,6	-23,6							

1. Температурой замерзания или начала кристаллизации называется температура, при которой кристаллы растворителя находятся в равновесии с раствором данного состава.

2. Приведенные данные действительны для микрообъемов растворов (в порах пород); при микрообъемах происходит расслаивание растворов на лед и растворы повышенной концентрации

Таблица 6

ТАБЛИЦА ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД

Наименование характеристик	Обозначение	Един. измер.	Методы определения
I	2	3	4
Объем отобранного образца породы с естественной (ненарушенной) структурой	V	$см^3$	Лабораторный
Объем твердого материала (скелета) породы в объеме V	V_1	"	- " -
Объем пор в объеме V	V_2	"	- " -
Объем воды в объеме		"	- " -
Вес скелета породы в объеме	g_1	г	- " -
Вес воды в порах в объеме породы V	g_2	г	- " -
Удельный вес породы	γ_0	$г/см^3$	$\frac{g_1}{V_1}$
Удельный вес воды	$\gamma_в$	$г/см^3$	
Объемный вес породы	γ	$г/см^3$	$\frac{g_1+g_2}{V_1+V_2}$
Объемный вес скелета породы	δ	$г/см^3$	$\frac{g_1}{V_1+V_2}$
Пористость	P	в долях единицы	$1-\frac{\delta}{\gamma}$
Коэффициент пористости	ε	- " -	$\frac{P}{1-P}$
Коэффициент пористости при полном заполнении пор водой	ε_n	- " -	$W\cdot\frac{\gamma_0}{\gamma}$
Влажность весовая	W	- " -	$\frac{g_2}{g_1}$
Влажность объемная	W_V	- " -	$W\cdot\gamma$
Влагоемкость (влажность при полном заполнении пор водой)	W_n	- " -	$\varepsilon\frac{\gamma_в}{\gamma_0}$
Коэффициент влажности (влажность относительная) или коэффициент насыщения	G	- " -	$W\frac{\gamma_0}{\varepsilon\cdot\gamma_в}$
Взвешенный объемный вес породы (расчетный объемный вес породы, находящейся ниже горизонта подземных вод и испытывающей взвешивающее действие воды)	γ'	$г/см^3$	$\frac{g_1-g_в}{1+\varepsilon}$ или $(\gamma_0-\gamma_в)(1-P)$

Таблица 7

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Наименование пород	Коэффициент теплопроводности, λ ккал/м.ч. °С	Коэффициент температуропроводности, а.10^3, $м^2/ч$
Гранит	2,0-3,5	2,2-9,7
Кварцево-полевошпатовый порфир	2,9	-
Пемза	0,22[1)]-0,43[2)]	-
Альбитит	I,8	-
Диорит	2,0	4,4
Андезиты	2,6	до 4,5
Сиениты	I,6-I,9	~3,2
Габбро	I,5-2,5	2,8-4,8
Диабазы	I,8-2,0	-
Базальты	I,2-2,4	2,4-4,2
Дунит	4,3	-
Глинистые сланцы	0,5-I,5	-
Сланцы	I,5-2,0	-
Окварцованные сланцы	2,2-4,0	
Кварцит	2,5-5,5	от 4,3 до II,I и более
Мрамор	I,7-3,0	3,I-5,3
Гранит-гнейс	I,6-3,0I	до 5,62
Глины	0,I5-I,5	
Пески	0,3-3,0	
Песчаники	0,6-5,0	I,6-8,7
Известняки	0,7-3,5	I,8-7,I
Мел	0,8	-
Доломиты	до 4,0	до 8,0
Мергели	0,8-I,9	-
Гипс	0,65-I,I	I,I
Ангидрит	3,6	-
Каменная соль	6,2	I4,8
Угли	0,I5-4,0	0,4 и более
Антрацит	0,I8-0,25	

Примечание: I) пемза сухая; 2) пемза влажная.

Таблица 8

УГОЛ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОРОД

Породы	Объемный вес, т/м^3	Угол внутреннего трения, φ	Среднее значение коэффициента, $tg^2\frac{90-\varphi}{2}$
Плывучие пески, плывуны	I,5-I,8	$0,I8^0$	0,76
Рыхлые породы, галька, песок	I,7	$I8-26^0 34'$	0,45
Намосы, слежавшиеся грунты, сырой песок, суглинок	I,5-I,7	$26^0 34'-50^0$	0,2I7
Мягкие глинистые сланцы, глина, мергель	I,8-2,3	$50-70^0$	0,072
Известняки, песчаники средней плотности, крепкие глинистые сланцы	2,5-2,8	$70-80^0$	0,0I7

Таблица 9

ПОРИСТОСТЬ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Наименование пород	Пористость, %			
	от	до	наиболее вероятные значения	
			от	до
Пески	4	55	20	35
Песчаники	~0	40	5	30
Лессы	40	55	-	-
Алевролиты	<1	>40	3	25
И л ы	2	96	50	70
Глины	~0	75	20	50
Аргиллиты			5	20
Известняки	~0	>35	1,5	15
Мел	40	55	40	50
Доломиты	<2	>35	3	20

Таблица 10

ПОРИСТОСТЬ НЕКОТОРЫХ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Наименование пород	Пористость, %	
	в пределах	в среднем
Гравий	до 35,0-40,0	27,0
Пески однородные	от 26,0 до 47,0	40,0
Пески разнозернистые с гравием	от 35,0 до 40,0	38,0
Пески мелкозернистые	-	42,0
Суглинки	от 44,0 до 47,0	47,0
Глины	до 52,0-55,0	50,0
Супеси	-	45,0

Таблица II

ЗНАЧЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ
1 (τ = 720 ч) ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОРОД

Порода	Температура, °С	Коэф. влажности	Длит. проч. на сжатие, кг/см²	$\sigma_{мгн}/\sigma_{дл}$	Коэф. влажности	Длит. проч. на сжатие, кг/см²	$\sigma_{мгн}/\sigma_{дл}$	Коэф. влажности	Длит. проч. на сжатие, кг/см²	$\sigma_{мгн}/\sigma_{дл}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
		Пористость породы, %								
		p=38			p=42			p=46		
		0,27	I6,7	I,83	0,36	I6,0	2,08	0,2I	6,2	2,20
	- 4	0,75	35,5	I,90	0,63	23,0	2,I5	0,69	20,0	2,I5
		0,90	4I,3	2,02	0,74	28,7	2,22	0,93	23,3	2,50
есок редней рупности		0,27	23,7	I,78	0,36	22,0	2,04	0,23	I0,0	2,I3
	- 8	0,52	30,0	2,I6	0,64	3I,3	2,I3	0,34	I6,5	2,20
		0,74	42,7	2,02	0,78	39,3	2,I2	0,78	28,0	2,45
		0,28	33,4	I,74	0,20	2I,8	I,90	0,26	I9,5	2,I4
	-I4	0,84	57,3	2,I0	0,36	30,0	2,00	0,57	30,0	2,I8
		I,00	66,7	I,97	0,58	40,0	2,20	0,73	36,7	2,32
		p=42			p=46			p=50		
		0,30	5,3	3,90	0,23	3,4	2,65	0,I9	2,I	2,90
	- 4	0,62	8,0	3,03	0,48	5,9	3,30	0,38	4,4	2,75
		0,98	I2,6	2,75	0,63	7,8	2,93	0,7I	5,6	3,60
ылеватый песок		0,27	8,3	2,60	0,I6	4,0	2,48	0,2I	4,2	2,86
	- 8	0,48	I2,6	2,70	0,42	9,0	3,I8	0,46	6,6	2,98
		0,98	2I,6	2,64	0,80	I6,0	2,98	0,68	I0,9	3,50
		p=40			p=42			p=48		
		0,33	I4,0	2,74	0,33	I5,8	2,50	0,28	I0,0	3,00
	-I4	0,73	30,7	2,37	0,60	23,4	2,60	0,56	I7,9	3,I0
		0,82	34,0	2,42	0,92	34,4	2,70	0,90	28,6	3,I6
		p=40			p=45			p=50		
Глина		0,38	5,0	2,80	0,36	3,6	3,06	0,3I	I,7	3,20
	- 4	0,63	8,0	2,85	0,48	5,2	2,75	0,6I	4,0	3,20
		0,78	8,5	2,90	0,8I	7,6	3,00	0,88	4,6	3,25

Таблица II (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
Глина		0,33	8,3	2,70	0,40	8,7	2,65	0,40	5,2	3,00
	- 8	0,53	II,6	2,75	0,85	I2,I	2,90	0,56	7,4	3,I0
		0,7I	I3,6	2,80	0,93	I2,2	2,95	0,90	9,0	3,I5
		p=40			p=44				p=48	
		0,44	I5,0	2,65	0,37	II,0	2,78	0,29	6,4	2,80
	-I4	0,68	20,4	2,72	0,65	I7,0	2,82	0,72	I3,7	2,90
		0,84	22,4	2,68	0,9I	I9,4	2,90	0,98	I5,4	3,00

Таблица I2

ЗНАЧЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОРОД НА СКАТИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ t

Для песка средней крупности $\sigma_{сж} = \sigma' + c\cdot\sqrt{t}$

Для пылеватого песка и глины $\sigma_{сж} = \sigma' + c\cdot t$

Порода	Пористость p, %	Весовая влажность W, %	Степень влажности, %	При кратковременном воздействии нагрузки, τ = 30 сек		При длительном воздействии нагрузки, τ =720 ч	
				σ', кг/см^2	c	σ', кг/см^2	c
I	2	3	4	5	6	7	8
Песок средней крупности	38	6,2	0,27	I,3	I3,8	0,9	7,I
		I0,0	0,44	II,2	I7,I	3,3	9,7
		I6,7	0,73	2I,9	2I,5	5,3	I3,2
		22,5	0,97	37,6	2I,6	I3,0	I4,4
	42	6,6	0,24	I,I	I0,4	0,5	6,I
		9,3	0,34	4,8	I4,3	0,8	8,9
		I6,7	0,62	6,9	2I,8	I,8	I3,5
		22,0	0,82	II,2	26,2	5,8	I5,7
	46	8,6	0,27	0,8	9,6	I,0	4,6
		I4,I	0,44	3,0	I3,4	I,2	6,4
		23,4	0,73	7,0	I9,3	3,6	8,7
		32,4	0,97	II,3	23,8	4,2	II,0
Пылеватый песок	42	8,I	0,30	5,I	2,3	0,7	I,0
		I5,0	0,56	8,6	3,7	2,0	I,6
		23,0	0,85	II,5	5,2	2,7	2,I
	46	9,6	0,20	4,0	2,I	0,5	0,8
		I7,6	0,55	7,2	3,5	I,5	I,3
		27,2	0,85	I0,2	4,7	I,8	2,0
	50	II,4	0,30	2,0	2,0	0,2	0,7
		20,5	0,55	4,7	3,6	0,4	I,I
		30,0	0,80	5,5	4,6	0,6	I,5
Глина	40	8	0,33	5,9	2,0	I,4	0,8
		I6	0,66	I0,2	3,I	2,8	I,I
		24	0,98	I5,7	3,5	4,3	I,5

Таблица I2 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	8
		I0	0,33	3,8	I,7	0,6	0,75
Глина	45	I8	0,60	6,0	3,7	I,4	I,I
		27	0,90	8,3	3,4	3,3	I,25
		I2,4	0,33	I,0	I,4	0,2	0,6
	50	22,4	0,60	4,5	2,3	0,4	0,9
		3I,7	0,85	5,0	3,2	0,7	I,I

Таблица I8

ЗНАЧЕНИЕ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОРОД НА СЖАТИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕСОВОЙ ВЛАЖНОСТИ W

Общая формула $\sigma_{сж} = d \cdot W^{n}$;

для глины при длительном воздействии нагрузки $\sigma_{сж} = \frac{W}{d + n \cdot W}$

Порода	Пористость, P %	Температура t, °C	При кратковременном воздействии нагрузки, τ =30сек		При длительном воздействии нагрузки, τ = 720 ч	
			d	n	d	n
Песок средней крупности	38	- 4	7,I	0,80	3,3	0,86
		- 8	II,3	0,72	5,3	0,75
		- I7	I8,3	0,63	7,6	0,7I
	42	- 4	4,I	0,9I	2,I	0,92
		- 8	5,I	0,84	3,2	0,88
		- I5	9,0	0,84	6,2	0,79
	46	- 4	3,3	0,84	3,3	0,70
		- 8	5,2	0,79	3,5	0,7I
		- I5	7,5	0,76	4,3	0,70
Пылеватый песок	42	- 4	2,6	0,80	0,I	0,73
		- 6	4,8	0,76	I,9	0,72
		- I4	7,3	0,78	3,2	0,74
	46	- 4	2,3	0,76	0,I	0,65
		- 8	3,3	0,82	0,I	0,8I
		- I4	6,7	0,77	I,7	0,84
	50	- 4	I,3	0,83	I,0	0,54
		- 8	2,0	0,9I	0,I	0,70
		- I4	4,5	0,88	I,3	0,82
Глина	40	- 4	3,0	0,72	I,32	0,042
		- 8	5,4	0,67	0,84	0,027
		- I4	I0,5	0,57	0,43	0,026
	45	- 4	2,0	0,73	2,38	0,04
		- 8	3,2	0,73	I,22	0,034
		- I4	5,6	0,70	0,65	0,026
	50	- 4	0,I	0,73	5,0	0,050
		- 8	I,7	0,79	2,0	0,046
		- I4	2,6	0,84	I,I	0,030

Таблица I4

ЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОРОД НА СЖАТИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОРИСТОСТИ P

Для глины и песка средней крупности при условно-мгновенном воздействии нагрузки $\sigma_{сж} = \sqrt{m - qp}$

Для пылеватого песка и песка средней крупности при длительном воздействии нагрузки $\sigma_{сж} = m - qp$

Порода	Температура, °C t	Коэффициент влажности	При кратковременном воздействии нагрузки, τ = 30 сек.		При длительном воздействии нагрузки, τ = 720 ч	
			m	q	m	q
Песок средней крупности	-4	0,3	3750	70	56,I	I,0
		0,6	I3500	260	I02,8	2,4
		0,9	22400	420	I35,2	2,4
	-8	0,3	7200	I37	6I,8	I,0
		0,6	I9I20	354	II0,2	I,9
		0,9	30780	550	I36,5	2,2
	-I5	0,3	I3I50	248	66,0	I,0
		0,6	30800	550	II6,0	I,8
		0,9	42950	720	I57,3	2,5
Пылеватый песок	-4	0,3	39,2	0,60	II,3	0,2
		0,6	55,3	0,70	23,0	0,4
		0,9	73,7	0,96	37,7	0,6
	-8	0,3	48,7	0,6	28,3	0,4
		0,6	79	0,9	39,8	0,6
		0,9	85	0,8	57,0	0,9
	-I4	0,3	62	0,6	42,2	0,7
		0,6	II8	I,3	58,4	0,8
		0,9	I54	I,6	67,0	0,85
Глина	-4	0,33	736	I4	85	I,6
		0,6	I760	33	2I5	4
		0,9	3I80	60	380	7
	-8	0,33	I625	29	205	3,6
		0,6	3720	66	538	9,6
		0,9	6200	I09	920	I6,6
	- I4	0,33	3840	67	6I5	II
		0,60	9020	I58	II30	I9,2
		0,9	II760	I25	I806	3I

Таблица I5

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЙ СЦЕПЛЕНИЯ И УГЛА ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОРОД

Температура t, °С	Песок средней крупности						Пылеватый песок						Глина					
	влажность W, %	коэффициент влажности	время действия нагрузки τ = 30 сек: сцепление, кг/см²; угол внутреннего трения, φ		τ = 720 ч: сцепление, кг/см²; угол внутреннего трения, φ		влажность W, %	коэффициент влажности	время действия нагрузки τ = 30 сек: сцепление, кг/см²; угол внутреннего трения, φ		τ = 720 ч: сцепление, кг/см²; угол внутреннего трения, φ		влажность W, %	коэффициент влажности	время действия нагрузки τ = 30 сек: сцепление, кг/см²; угол внутреннего трения, φ		τ = 720 ч: сцепление, кг/см²; угол внутреннего трения, φ	
	Пористость породы P, %																	
		P=38								P=42				P=40				
	6,5	0,28	8,2	28°30′	3,7	28°I7′	6,8	0,25	3,9	25°I2′	I,3	26°36′	9,3	0,3I	4,3	24°00′	I,4	23°00′
- 4	I3,0	0,57	I7,3	25°00′	8,5	26°48′	I2,6	0,47	7,0	26°I2′	2,5	27°30′	I2,6	0,42	6,I	24°I2′	I,8	22°00′
	I7,9	0,78	22,0	23°00′	II,I	25°48′	20,8	0,70	I0,3	26°36′	4,0	26°36′	22,2	0,74	I0,I	I6°48′	3,I	I6°30′
	5,98	0,25	II,2	29°I0′	5,0	28°49′	7,2	0,24	6,I	28°30′	2,5	29°20′	9,2	0,3I	8,0	I5°I2′	2,5	I2°50′
- 8	I2,0	0,52	20,0	25°54′	9,7	25°52′	I3,5	0,50	II,5	24°00′	5,0	25°I2′	I2,8	0,43	II,2	I3°48′	3,9	I2°00′
	23,0	I,0	3I,2	2I°00′	I7,I	2I°38′	20,9	0,78	I8,0	23°40′	6,5	25°48′	I7,3	0,58	I3,8	I5°I8′	4,8	I4°I2′
	6,5	0,28	I4,8	27°00′	7,3	20°30′	2I,9	0,8I	30,9	I6°I2′	II,2	I7°48′	28,0	0,93	25,8	I3°24′	9,9	I3°24′
		P=42								P=46				P=45				
	9,5	0,37	I0,6	27°00′	4,0	28°24′	I0,7	0,33	3,8	27°42′	I,5	29°30′	I2,8	0,42	2,9	28°00′	0,9	23°30′
- 4	22,5	0,87	2I,8	2I°20′	9,6	2I°40′	20,6	0,65	6,9	26°36′	2,5	26°36′	25,2	0,83	5,5	24°I2′	I,8	I6°42′
	25;6	0,98	24,8	22°I0′	II,2	20°00′	28,6	0,90	I0,8	25°I8′	3,7	26°06′	3I,0	I,00	7,7	2I°02′	2,5	I2°00′
- 8	7,4	0,27	I0,8	24°40′	4,6	24°I0′	I0,7	0,34	5,4	28°I2′	2,0	27°36′	9,0	0,30	5,6	27°I2′	I,9	22°00′
	I7,0	0,63	2I,7	2I°30′	I0,9	20°00′	I7,0	0,53	I0,8	22°24′	4,5	23°54′	I4,6	0,49	9,4	2I°24′	2,9	I9°06′
	25,8	0,96	32,5	I8°I5′	I2,7	23°00′	23,5	0,74	I5,2	I8°48′	5,3	2I°00′	24,0	0,80	I2,8	I6°24′	4,0	I2°I8′
	6,3	0,24	I3,6	22°00′	6,4	I8°I0′	6,4	0,20	7,8	25°I2′	3,5	25°30′	I8,4	0,6I	I6,4	2I°24′	4,9	I5°I6′
-I4	I6,0	0,62	27,2	I5°50′	I3,7	I6°30′	I8,7	0,59	20,6	22°I0′	7,4	22°54′	22,8	0,76	I8,8	I3°54′	6,3	I2°00
	24,0	0,92	36,I	I6°00′	I6,6	I9°40′	27,8	0,88	32,5	I7°I5′	I0,4	I9°48′	30,8	I,00	2I,3	I4°06′	7,I	I3°24′

Таблица 16

ЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО СЦЕПЛЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОРОД (ЗА ВРЕМЯ τ, мин.)

$$K_{дл} = \frac{\beta}{\ln\left(\frac{\tau}{B}\right)}$$

	Температура t, °С	Коэффициент влажн.	Параметры β, кг/см2	Параметры B, мин.	Коэффициент влажн.	Параметры β, кг/см2	Параметры B, мин.
			Пористость P, %				
			P=38			P=42	
	- 4	0,28	76,5	$4,5.10^{-5}$	0,37	73	$5,00.10^{-4}$
		0,57	189	$8,76.10^{-6}$	0,87	198	$5,00.10^{-4}$
		0,78	250	$5,89.10^{-6}$	0,98	235	$3,47.10^{-5}$
Песок средней крупности	- 8	0,25	103	$4,50.10^{-5}$	0,27	90	$1,23.10^{-4}$
		0,52	216	$1,15.10^{-0}$	0,63	248	$4,47.10^{-6}$
		1,00	428	$5,62.10^{-7}$	0,96	237	$3,04.10^{-4}$
	- 14	0,28	164	$7,76.10^{-6}$	0,24	139	$1,78.10^{-5}$
		0,73	378	$5,75.10^{-6}$	0,62	288	$3,16.10^{-5}$
		0,98	525	$1,12.10^{-6}$	0,92	352	$2,63.10^{-5}$
			P=42			P=46	
	- 4	0,25	23,5	$6,11.10^{-4}$	0,33	30,2	$7,50.10^{-5}$
		0,47	46,8	$3,20.10^{-4}$	0,65	47,5	$2,50.10^{-4}$
		0,70	74,7	$3,35.10^{-4}$	0,90	66,8	$5,53.10^{-4}$
Песок пылеватый	- 8	0,24	51,4	$5,25.10^{-5}$	0,34	38,1	$2,25.10^{-4}$
		0,50	106,5	$2,36.10^{-5}$	0,53	93,5	$5,00.10^{-5}$
		0,78	121,2	$3,35.10^{-4}$	0,74	96,3	$5,53.10^{-4}$
	- 14	0,28	95,3	$2,73.10^{-5}$	0,20	76,5	$1,43.10^{-5}$
		0,58	152	$2,25.10^{-4}$	0,59	138,5	$3,35.10^{-4}$
		0,81	207	$4,10.10^{-4}$	0,88	182,5	$9,12.10^{-4}$
			P=40			P=45	
	- 4	0,31	23,6	$2,03.10^{-3}$	0,42	17,7	$8,25.10^{-4}$
		0,42	29,3	$3,70.10^{-3}$	0,83	30,4	$20,3.10^{-4}$
		0,74	51,5	$2,74.10^{-3}$	1,00	45,3	$5,53.10^{-4}$
Глина	- 8	0,31	41,2	$3,03.10^{-3}$	0,30	32,6	$1,50.10^{-3}$
		0,43	68,0	$1,11.10^{-3}$	0,49	45,3	$3,40.10^{-3}$
		0,58	84,0	$1,11.10^{-3}$	0,80	66,8	$2,50.10^{-3}$
	- 12	0,48	97,2	$2,24.10^{-3}$	0,61	79,5	$3,90.10^{-3}$
		0,68	147	$7,47.10^{-4}$	0,76	107,5	$1,60.10^{-3}$
		0,93	181	$5,00.10^{-4}$	1,00	120	$2,00.10^{-3}$

Таблица I7

ЗНАЧЕНИЕ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОРОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ t,

$K = K_0 + C \cdot t$ кг/см2

Порода	Пористость P,%	Весовая влажн. w,%	Коэффициент влажн.	При условно-мгновенном приложении нагрузки, τ =30сек		При длительном приложении нагрузки, τ =720 ч	
				K_0	C	K_0	C
Песок средней крупности	38	6,5	0,28	I,5	3,5	0,4	I,7
		I3,0	0,57	6,7	4,75	3,4	2,3
		22,5	I,00	I3,I	6,6	7,6	3,7
	42	7,8	0,29	I,I	3,7	0,5	2,0
		I6,7	0,62	5,0	6,0	I,0	3,25
		23,5	0,87	8,7	7,2	I,6	3,9
Пылеватый песок	42	6,8	0,25	0,35	0,73	0,5	0,3
		I3,0	0,48	I,3	I,3	0,8	0,5
		23,0	0,85	2,8	2,0	I,4	0,65
	46	I3,0	0,37	0,8	I,0	0,3	0,2
		2I,0	0,66	I,5	I,57	0,4	0,4
		28,0	0,88	0,9	2,0	I,0	0,7
Глина	40	7,5	0,3I	0,7	0,83	0,2	0,3
		I6,0	0,65	I,6	I,4	0,3	0,55
		24,0	I,00	3,6	I,7	0,4	0,7
	45	I0,0	0,33	0,2	0,85	0,I	0,25
		I8,0	0,60	0,3	I,3	0,2	0,4
		30,0	I,0	I,4	I,65	0,3	0,6

Таблица I8

ЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОРОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕСОВОЙ ВЛАЖНОСТИ (ЛЬДИСТОСТИ) W $K_{мгн} = dW^n$;

$$K_{дл} = \frac{W}{d + nW}$$

Порода	Пористость ρ, %	Температура t, °С	При условно мгновенном воздействии нагрузки, τ =30 сек.		При длительном воздействии нагрузки, τ =720 ч	
			d	n	d	n
Песок средней крупности	38	- 4	2,I8	0,79	I,25	0,020
		- 8	3,30	0,72	I,0	0,0I5
		- I4	4,I4	0,7I	0,70	0,0I4
	42	- 4	I,35	0,90	I,80	0,038
		- 8	I,95	0,89	I,20	0,029
		- I4	3,5I	0,93	0,80	0,028
Пылеватый	46	- 4	0,I2	0,78	3,80	0,06
		- 8	I,32	0,85	2,20	0,05
		- I4	I,7I	0,93	I,30	0,08
		- 4	0,I0	0,63	6,40	0,03
		- 8	0,II	0,83	3,50	0,03
		- I4	I,60	0,88	I,85	0,03
Глина	40	- 4	I,70	0,024	5,65	0,08
		- 4	0,98	0,0I5	2,95	0,04
		- I2	0,62	0,0I4	2,05	0,03
	45	- 4	2,54	0,04	9,2	0,08
		- 8	I,20	0,027	4,5	0,06
		- I2	0,70	0,02I	2,9	0,04

Таблица I9

ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА СРЕЗ НЕКОТОРЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Породы	Коэффициент крепости f по М.М. Протодьяконову	Допускаемое напряжение на срез (скалывание) K, кг/см
Глина средней плотности (тугопластичная)	0,2 - 0,3	0,4 - 0,5
Глина плотная (полутвердая)	0,3 - 0,5	0,7 - I,0
Мергель	2 - 4	4 - 8
Глинистый сланец	3 - 5	6 - I0
Песчанистый сланец	3 - 6	6 - I2
Известняк пористый	4 - 6	8 - I2
Известняк плотный	8 - I2	I6 - 24
Песчаник средней крепости	6 - I0	I2 - 20
Песчаник крепкий	I0 - I5	20 - 30
Гранит	I0 - 20	20 - 40

Таблица 20

ПОТЕРИ НАПОРА h НА 100 М ДЛИНЫ ТРУБОПРОВОДА ИЗ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ $t_р$ = - 20 °С

V м/сек	$d_у$ 6 мм																					
	30		40		50		65		80		100		125		150		200		250		300	
	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h
0,5	I,4	I,5	2,3	0,9	3,5	I,I	6,0	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,6	I,7	I,7	2,7	2,0	4,2	I,5	7,2	I,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,7	2,0	3,5	3,2	2,7	4,9	2,0	8,4	I,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,8	2,3	4,5	3,6	3,4	5,6	2,6	9,5	I,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,9	2,6	5,4	4,I	4,I	6,4	3,I	I0,7	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I,0	2,9	6,6	4,5	4,9	7,0	3,8	II,9	2,7	I8,0	2,0	28,3	I,6	44	I,2	65	0,9	II3	0,7	I77	0,5	254	0,4
I,I	3,2	7,8	5,0	5,9	7,8	4,5	I3,I	3,2	20,0	2,5	3I,0	I,9	49	I,4	70	I,I	I24	0,8	I94	0,6	280	0,5
I,2	3,5	9,0	5,4	6,8	8,5	5,I	I4,3	3,7	22,0	2,8	33,9	2,2	53	I,6	76	I,3	I36	0,9	2I2	0,7	305	0,6
I,3	3,8	I0,0	5,9	7,8	9,2	5,9	I5,5	4,3	23,5	3,3	36,7	2,5	57	I,9	83	I,5	I47	I,0	230	0,8	33I	0,65
I,4	4,0	I2,0	6,3	9,0	9,9	6,8	I6,7	4,9	25,3	3,8	39,6	2,8	62	2,2	89	I,7	I58	I,2	247	0,9	356	0,7
I,5	4,3	I3,0	6,8	9,7	I0,6	7,3	I7,9	5,3	27,I	4,I	42,4	3,I	66	2,4	95	I,9	I70	I,3	265	I,0	382	0,8
I,6	4,6	I5,0	7,2	II,0	II,3	8,5	I9,I	6,2	28,9	4,8	45,2	3,6	7I	2,7	I02	2,I	I8I	I,5	283	I,I	407	0,9
I,7	4,9	I7,0	7,7	I3,0	I2,0	9,7	20,3	7,0	30,7	5,4	48,0	4,I	75	3,I	I08	2,4	I92	I,7	300	I,3	432	I,0
I,8	5,2	I8,0	8,I	I3,5	I2,7	I0,0	2I,5	7,3	32,5	5,7	50,9	4,3	80	3,3	II4	2,6	204	I,8	3I8	I,4	458	I,I
I,9	5,5	20,0	8,6	I5,0	I3,4	II,0	22,7	8,I	34,3	6,3	53,7	4,7	84	3,6	I2I	2,8	2I5	2,0	336	I,5	483	I,2
2,0	5,8	22,0	9,0	I6,0	I4,I	I2,0	23,9	8,9	36,2	6,9	56,5	5,2	88	4,0	I27	3,I	226	2,2	353	I,7	509	I,3
2,I	-	-	-	-	-	-	-	-	37,9	7,5	59,3	5,6	93	4,3	I34	3,4	237	2,4	37I	I,8	534	I,4
2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	39,8	8,4	62,2	6,4	97	4,8	I40	3,8	249	2,6	388	2,0	560	I,6
2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	4I,6	9,0	65,0	6,8	I02	5,2	I46	4,I	260	2,9	406	2,I	585	I,7
2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	43,4	9,6	67,8	7,2	I06	5,5	I53	4,4	27I	3,I	424	2,3	6I0	I,8
2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	45,2	I0,0	70,6	7,9	II0	6,0	I59	4,7	283	3,3	44I	2,5	636	2,0

V м/сек	$d_э$ 6 мм			
	30		37	
	q'	h	q''	h
0,I	I,95	0,33	I,8I	0,2I
0,I5	2,92	0,48	2,7I	0,32
0,2	3,9	0,66	3,62	0,43
0,25	4,9	0,84	4,52	0,55
0,3	5,8	I,0	5,42	0,66
0,35	6,8	I,2	6,33	0,77
0,4	7,8	I,3	7,23	0,87
0,45	8,8	I,5	8,I4	0,96
0,5	9,7	I,7	9,04	I,I
0,55	I0,7	I,8	9,95	I,2
0,6	II,7	2,0	I0,8	2,2
0,65	I2,7	2,2	II,8	2,6
0,7	I3,6	2,3	I2,7	2,9
0,75	I4,6	4,3	I3,6	3,3
0,8	I5,6	4,9	I4,5	3,7
0,85	I6,6	5,4	I5,4	4,I
0,9	I7,5	5,9	I6,3	4,4
0,95	I8,5	6,5	I7,2	4,7
I,0	I9,5	7,I	I8,I	5,0

Таблица 21

ПОТЕРИ НАПОРА h НА 100 М ДЛИНЫ ТРУБОПРОВОДА ИЗ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ РАССОЛА $t_р$ = - 40°С

V м/сек	$d_у$ в мм																					
	32		40		50		65		80		100		125		150		200		250		300	
	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h	q	h
0,5	I,4	3,6	2,3	2,3	3,5	I,5	6,0	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,6	I,7	4,2	2,7	2,7	4,2	I,7	7,2	I,[illegible]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,7	2,0	5,0	3,2	3,2	4,9	2,0	8,4	I,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,8	2,3	5,8	3,6	3,7	5,6	2,4	9,5	I,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,9	2,6	6,4	4,I	4,I	6,4	2,6	I0,7	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I,0	2,9	7,I	4,5	4,6	7,0	2,9	II,9	3,4	I8,0	2,6	28,3	2,0	44	I,5	65	I,2	II3	0,8	I77	0,6	254	0,5
I,I	3,2	7,9	5,0	5,I	7,8	5,6	I3,I	4,0	20,0	3,I	3I,0	2,3	49	I,8	70	I,4	I24	I,0	I94	0,7	280	0,6
I,2	3,5	8,5	5,4	5,5	8,5	6,4	I4,3	4,6	22,0	3,6	33,9	2,7	53	2,I	76	I,6	I36	I,I	2I2	0,8	305	0,7
I,3	3,[illegible]	9,3	5,9	5,9	9,2	7,4	I5,5	5,3	23,5	4,I	36,7	3,I	57	2,4	83	I,9	I47	I,3	230	I,0	33I	0,8
I,4	4,0	I0,0	6,3	II,0	9,9	8,5	I6,7	6,I	25,3	4,7	39,6	3,5	62	2,7	89	2,I	I58	I,5	247	I,I	356	0,9
I,5	4,3	I0,5	6,8	I2,0	I0,6	9,2	I7,9	6,6	27,I	5,3	42,4	3,9	66	2,9	95	2,3	I70	I,6	265	I,2	382	I,0
I,6	4,6	II,0	7,2	I4,0	II,3	II,0	I9,I	7,7	28,9	5,9	45,2	4,5	7I	3,4	I02	2,7	I8I	I,8	283	I,4	407	I,I
I,7	4,9	2I,0	7,7	I6,0	I2,0	I2,0	20,3	8,7	30,7	6,7	48,0	5,I	75	3,8	I08	3,0	I92	2,I	300	I,6	432	I,3
I,8	5,2	22,0	8,I	I7,0	I2,7	I3,0	2I,5	9,2	32,5	7,2	50,9	5,4	80	4,I	II4	3,2	204	2,3	3I8	I,7	458	I,4
I,9	5,5	23,0	8,6	I9,0	I3,4	I4,0	22,7	I0,0	34,3	7,8	53,7	5,9	84	4,5	I2I	3,6	2I5	2,5	336	I,9	483	I,5
2,0	5,8	27,0	9,0	20,0	I4,I	I5,0	23,9	II,0	36,2	8,6	56,5	6,5	88	5,0	I27	3,9	226	2,7	353	2,I	509	I,6
2,I	-	-	-	-	-	-	-	-	37,9	9,3	59,3	7,I	93	5,4	I34	4,2	237	3,0	37I	2,3	534	I,8
2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	39,8	I0,0	62,2	7,9	97	6,I	I40	4,8	249	3,3	388	2,5	560	2,0
2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	4I,6	II,0	65,0	8,5	I02	6,5	I46	5,I	260	3,6	406	2,7	585	2,2
2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	43,4	I2,0	67,8	9,I	I06	6,9	I53	5,5	27I	3,8	424	2,9	6I0	2,3
2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	45,2	I3,0	70,6	9,9	II0	7,5	I59	5,9	283	4,I	44I	3,I	636	2,5

V м/сек	d_2 в мм			
	30		37	
	q'	h	q''	h
0,I	I,95	0,8	I,8I	0,5
0,I5	2,92	I,2	2,7I	0,8
0,2	3,9	I,6	3,62	I,0
0,25	4,9	2,0	4,52	I,3
0,3	5,8	2,4	5,42	I,6
0,35	6,8	2,8	6,33	I,9
0,4	7,8	3,3	7,23	2,2
0,45	8,8	3,6	8,I4	2,4
0,5	9,7	4,I	9,04	2,7
0,55	I0,7	4,4	9,95	2,9
0,6	II,7	4,8	I0,8	3,2
0,65	I2,7	5,3	II,8	3,5
0,7	I3,6	5,7	I2,7	3,8
0,75	I4,6	6,2	I3,6	4,0
0,8	I5,6	6,6	I4,5	4,3
0,85	I6,6	7,0	I5,4	4,6
0,9	I7,5	7,3	I6,3	4,9
0,95	I8,5	7,7	I7,2	5,2
I,0	I9,5	8,I	I8,I	5,5

Таблица 22

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РАЗМЕРЫ ТРУБ КОЛОНОК И РАСХОДЫ РАССОЛА

Наружный диаметр труб, D_o, мм	Толщина стенок δ, мм	Внутренние диаметры $D_{вн}$, мм	Расходы рассола через одну колонку q, м3/ч	Условия применения
I68	8; 9; I0	I52; I50; I48	I0-I5,0	На глубины свыше 200 м
I4I ÷ I46	8; 9; I0	I30; I28; I26; I25; I23; I2I;	8-I2,0	На все глубины
II4	7; 8	I00; 98	до I0,0	На средние и малые глубины
I08	6,75	94,5	до 8,0	На малые глубины /до I00 м/
89	6,5	76	3-6,0	Для местного замораживания до 70 м
73	6,5	60	I-3,0	Для местного замораживания до 50 м.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБ ТИПА ТЗК

Наименование показателей	Обозначения	Тип труб		
		ТЗК-I	ТЗК-2	ТЗК-М
I	2	3	4	5
Наружный диаметр, мм	Д	I46	I46	I46
-"- в высаженной части, мм	Д′	I52 ± 0,5	-	-
Толщина стенки, мм	δ	8	II	7; 8; 9; I0; II;
Внутренний диаметр, мм	d	I30	I24	I32; I30; I28; I26; I24;
Внутренний, в высаженной части, мм	d'	I2I $\pm \frac{I,5}{I,0}$	-	-
Теоретический вес I пог.м в кг	G	27,2	36,6	24,0; 27,2; 30,4; 33,5; 36,6
Ниппельный конец				
Средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм	$d_{ср}$	I39	I37,966	I44,8I6
Диаметр резьбы у торца				
наружный, мм	d_2	I38,404	I36,0I8	I42,292
внутренний, мм	d_3	I34,784	I32,398	I38,672
Длина резьбы от торца: общая/до конца сбега резьбы/, мм	L	95	76,0±3	76,0

Таблица 28 (продолжение)

	1	2	3	4	5
Трубы	до основной плоскости, мм	ℓ	79,0	60,I25	60,I25
	от основной плоскости до конца сбега резьбы, мм		I6	I5,875	I5,875
	Сбег резьбы, мм		7	7,248	7,248
	Муфтовый конец				
	Диаметр цилиндрической расточки у торца, мм	d_o	I42 ± 0,2	I40,786-0,5	-
	Длина цилиндрической расточки,мм	ℓ_o	I6	I2 ± I	-
	Расстояние от торца до основной плоскости резьбы, мм	ℓ_1	85	80	-
	Сбег резьбы, мм		7	7,248	-
Муфты	Наружный диаметр, мм	Дм	-	-	I66
	Длина, мм	$L_м$	-	-	I77
	Диаметр цилиндрической расточки,мм	d_o			I48,4
	Длина цилиндрической расточки, мм	ℓ_o	-	-	I2,7
	Теоретический вес, кг	$G_м$	-	-	8

Примечание: трубы поставляются длиной от 9,5 до I3 м.

Таблица 24

РАЗМЕРЫ ПРОФИЛЯ РЕЗЬБЫ ТРУБ ТЗК-I, ТЗК-2, и ТЗК-М

Параметры резьбы /размеры в мм/	Обозначение	Число ниток на длине 25,4 мм	
		I0 /только для ТЗК-I/	8 /для всех типов ТЗК/
Шаг резьбы	S	2,540	3,I75
Глубина резьбы	h_1	I,4I2	I,8I0
Рабочая высота профиля	h_2	I,336	I,734
Радиусы закруглений	r	0,432	0,508
	r_1	0,356	0,432
Зазор	z	0,076	0,076
Угол наклона	φ	$0^0\ 53'\ 42''$	$I^0\ 47'\ 24''$

Примечание:

I. Профиль резьбы согласно ГОСТ 632-64, п.I6

2. Конусность 2 $tg\,\varphi$: для ТЗК-I -I:32
для ТЗК-2, ТЗК-М-I:I6

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛЕЙ ТРУБ ТЗК

Таблица 25.

после термической обработки

Наименование показателей свойств стали	Показатели при температуре, +I8÷22^0		
	ТЗК-I		ТЗК-2 ТЗК-М
	группа прочности стали		
	А	Б	
Временное сопротивление, кгс/мм^2	не менее 60	45	не менее 60
Предел текучести, кг/мм^2	40	40	40
Относительное удлинение δ, %	I2	29	I5
Относительное сужение после разрыва φ_2, %	40	60	50
Ударная вязкость $a_м$, кгсм/см^2	8	20	7

Таблица 26

ЗНАЧЕНИЯ ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР В СТЕНКЕ ЗАМОРАЖИВАЮЩЕЙ КОЛОНКИ

/по данным экспериментальных исследований МГИ/

Температура рабочего потока рассола, ^{o}C	Перепад температур $\Delta t = t_{ст} - t_{р}$, °C		
	минимальный	максимальный	среднее значение за период активного замораживания
- 20	2	6	3
- 30	4	9	6
- 40	6	I2	8

Значения коэффициентов $S_2 = f_2(E, l_{cp})$ Таблица 27

l_{cp}, м \ E, м	0,8	I,0	I,2	I,4	I,6	I,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6
0,8	0,I6	0,I9	0,2I	0,23	0,24	0,25	0,25	0,26	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
I,0		0,I5	0,I7	0,I9	0,2I	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0;27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28
I,2			0,I4	0,I6	0,I8	0,20	0,2I	0,22	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27
I,4				0,I4	0,I6	0,I7	0,I9	0,20	0,20	0,2I	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26
I,6					0,I4	0,I5	0,I7	0,I8	0,I9	0,20	0,20	0,2I	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25
I,8						0,I3	0,I5	0,I6	0,I7	0,I8	0,I9	0,20	0,20	0,2I	0,2I	0,2I	0,22	0;22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24
2,0							0,I3	0,I5	0,I6	0,I7	0,I8	0,I8	0,I9	0,20	0,20	0,2I	0,2I	0,2I	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23

Таблица 28

ОДНОСТУПЕНЧАТЫЕ КОМПРЕССОРЫ

	Марка компрессора			
	АУ-200	АУУ-400	АО-600	АО-1200
Тип	У-образный	У-образный	Оппозитные	горизонтальные
Число цилиндров	4	8	2	4
Число оборотов вала в минуту	720/960	720/960	500	500
Холодопроизводительность при стандартных условиях, ккал/ч	150000/200000	300000/400000	575000	1150000
Часовой объем, описываемый поршнями, $м^3/ч$	397/528	794/1056	1585	3170
Эффективная потребляемая мощность при стандартных условиях, квт	48/64	100/133	190	390
Вес компрессора, кг	1290	2000	5150	10500
Электродвигатель: марка	АП-91-6	А-103- 8	СДКП 14-36-12	СДКП 15-34-12
число оборотов в мин.	980	730	500	500
мощность, квт	55	125	320	630
напряжение, в	220/380	220/380	6000	6000
марка	АП-92-6	А-103-6		
число оборотов, в мин.	980	985		
мощность, квт	75	160		
вес электродвигателя, кг		1155/1180	3870	3870
Расход охлаждающей воды, $м^3/ч$	1,5/2	4/3	6	10

Таблица 29

ДВУХСТУПЕНЧАТЫЕ АГРЕГАТЫ

Показатели	Марка компрессоров	
	ДАО-550	ДАОН-350/I
Тип	Оппозитные горизонтальные двухступенчатые	
Число цилиндров:		
первой ступени	2	2
второй ступени	2	2
Режим работы:		
температура кипения, °С	- 40	- 50
температура конденсации, °С	+ 40	+35
Холодопроизводительность, ккал/ч	550000	350000
Число оборотов вала в минуту	500	500
Объем, описываемый поршнями, м³/ч:		
первой ступени	4200	5I80
второй ступени	I474	I474
Мощность эффективная, квт	420	335
Электродвигатель:		
марка	СДКП-I5-34-I2	СДКП-I4-36-I2
мощность, квт	630	400
напряжение, в	6000	6000
число оборотов в мин.	500	500
вес, кг	5870	4I30
Вес компрессора/без электродвигателя/, кг	II700	I2000
Расход охлаждающей воды, м³/ч	6	6
Габаритные размеры; мм:		
длина	4900	4900
ширина	5250	5I00
высота	I800	I750

Таблица 30

ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИСПАРИТЕЛЕЙ

Тип	Марка	Поверхность, $м^2$	Размеры, мм			Вес, кг	Объем по рассолу, $м^3$
			длина	ширина	высота		
Вертикальнотрубные	40И	40	3480	1040	1350	2785	3,67
	60И	60	4800	1040	1350	3820	5,50
	90И	90	4800	1595	1350	5365	8,20
	120И	120	5800	1595	1350	6475	9,50
	160И	160	5800	2145	1350	8645	12,90
	200И	200	5800	2675	1350	10510	16,20
	240И	240	6200	2090	2050	11985	18,00
	320И	320	6200	2800	2050	16,215	23,50
	60ИП	60	3670	1060	1050	2165	3,29
	90ИП	90	3570	1545	1050	3000	4,81
Панельные	120ИП	120	6100	1115	1200	4030	6,72
	180ИП	180	6100	1625	1200	5625	9,91
	240ИП	240	6100	2135	1200	7200	14,00
	320ИП	320	6100	2815	1200	9440	18,72
	50ИКТ	50	4580	Д=600		2400	0,32
	65ИКТ	65	5580	Д=600		2870	0,40
	90ИКТ	90	4670	Д=800		4110	0,61
Кожухотрубные	110ИКТ	110	5670	Д=800		4860	0,72
	140ИКТ	140	4800	Д=1000		6400	1,02
	180ИКТ	180	5800	Д=1000		7660	1,20
	250ИКТ	250	5920	Д=1200		10830	1,72
	300ИКТ	300	6920	Д=1200		12630	2,00

Таблица 31

ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНДЕНСАТОРОВ

I. Кожухотрубные вертикальные конденсаторы

Марка	Поверхность, $м^2$	Габаритные размеры, мм		Емкость межтрубного пространства, $м^3$	Вес, кг	
		диаметр	высота		аппарата	рабочий
50КВ	50	700	5500	I,I2	2520	3500
75КВ	75	800	5500	I,27	34I0	5200
I00КВ	I00	I000	5000	I,80	4750	6300
I25КВ	I25	I000	6000	2,20	5700	8800
I50КВ	I50	I200	5000	2,64	6820	I0500
250КВ	250	I400	5500	3,64	I08I5	I6300

2. Кожухотрубные горизонтальные конденсаторы

Марка	Поверхность, $м^2$	Габаритные размеры, мм			Емкость, $м^3$		Вес, кг	
		диаметр	длина	высота	межтрубного пространства	трубного пространства	аппарата	рабочий
50КТГ	50	600	4520	965	0,7	0,32	2I20	2000
65КТГ	65	600	5520	965	0,885	0,4	2565	3600
90КТГ	90	800	4670	I265	I,26	0,6I	3700	5050
I10КТГ	I10	800	5670	I265	I,58	0,72	4500	6200
I40КТГ	I40	I000	4760	I670	2,0	I,02	6000	7200
I80КТГ	I80	I000	5760	I670	2,5	I,23	7270	9980
250КТГ	250	I200	5860	I350	3,5	I,77	I0300	I4I70
300КТГ	300	I200	6860	I350	4,I	2,0	I2I20	I6580

3. Оросительные конденсаторы

Марка	Поверхность, $м^2$	Число секций	Объем ресивера, $м^3$	Вес, кг
45МКО	45	3	0,II	I9I2
60МКО	60	4	0,I5	2530
75МКО	75	5	0,I9	3I40
90МКО	90	6	0,22	3735

Таблица 32

ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СОСУДОВ

Показатели	Типы промежуточных сосудов /со змеевиками/				
	50ПС$_3$	60ПС$_3$	70ПС$_3$	80ПС$_3$	120ПС$_3$
Диаметр корпуса, мм	500	600	700	800	1200
Общая высота, мм	2850	2880	3250	3050	4000
Вес сосуда, кг	348	662	890	860	2035

Таблица 33

ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСИВЕРОВ

Показатели	Типы ресиверов			
	0,7РЛ	1,5РЛ	2РЛ	2,5РЛ
Диаметр корпуса, мм	600	800	800	800
Общая длина, мм	3235	3810	4810	5810
Емкость, м^3	0,72	1,5	2,0	2,5
Вес, кг	490	895	1080	1290

Таблица 34

ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАСЛООТДЕЛИТЕЛЕЙ

Показатели	Типы маслоотделителей					
	50 ОММ	70 ОММ	80 ОММ	100 ОММ	125ОММ	150
Условный проход, мм	50	70	80	100	125	150
Диаметр корпуса, мм	273	273	325	426	500	600
Общая высота, мм	1470	1570	1600	1730	1970	2530
Вес, кг	100	110	136	260	270	363

Таблица 35

ТИПОВАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ
холодильной установки с одним компрессором, сосудами и аппаратами

№ пп	Типы компрессоров	Варианты	Типы сосудов и аппаратов								Расход материалов			
			испарители	конденсаторы	ресиверы линейные	маслоотделители	маслосборники	промежуточные сосуды	отделители жидкости	ресиверы дренажные	аммиак (кг)		масло кг/год	
											на первоначальное заполнение	годовые эксплуат. потери	холодильное-аммиачное	машинное
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5
I.	АУ-200/3	А	60ИА	45МКО	-	80 ОММ	I50 СМ	-	-	0,75 РД	630	555	I3I0	
	АУ-200/3	Б	60 ИП	45МКО	-	80 ОММ	I50 СМ	-	I00-ОЖ^{Г}	0,75 РД	245	555	I3I0	
	АУ-200/3	В	65 ИКТ	45 МКО	-	80 ОММ	I50 СМ	-	I00 ОЖ^{Г}	0,75 РД	600	555	I3I0	
	АУ-200/3	Г	60 ИА	50 КВ	0,75 РВ	80 ОММ	I50 СМ	-	-	0,75 РД	630	555	I3I0	
	АУ-200/3	Д	60 ИП	50 КВ	0,75 РВ	80 ОММ	I50 СМ	-	I00 ОЖ^{Г}	0,75 РД	275	555	I3I0	
	АУ-200/3	Е	65 ИКТ	50 КВ	0,75 РВ	80 ОММ	I50 СМ	-	I00 ОЖ^{Г}	0,75 РД	770	555	I3I0	
2.	АУУ-400/3	А	I20 ИА	90 МКО	-	I50 ОММ	I50 СМ	-	-	0,75 РД	I075	IIIO	2I90	
	АУУ-400/3	Б	I20 ИП	90 МКО	-	I50 ОММ	I50 СМ	-	I50 ОЖ^{Г}	0,75 РД	430	IIIO	2I90	
	АУУ-400/3	В	I40 ИКТ	90 МКО	-	I50 ОММ	I50 СМ	-	I50 ОЖ^{Г}	0,75 РД	I5I0	IIIO	2I90	
	АУУ-400/3	Г	I20 ИА	I00 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ	-	-	0,75 РД	I075	IIIO	2I90	
	АУУ-400/3	Д	I20 ИП	I00 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ	-	I50 ОЖ^{Г}	0,75 РД	775	IIIO	2I90	
	АУУ-400/3	Е	I40 ИКТ	I00 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ	-	I50 ОЖ^{Г}	0,75 РД	I855	IIIO	2I90	
3.	АУ-300/I	А	I20 ИА	90 МКО	-	I50 ОММ	I50 СМ	-	-	0,75 РД	I075	IIIO	I750	
	АУ-300/I	Б	I20 ИП	90 МКО	-	I50 ОММ	I50 СМ	-	I50 ОЖ^{Г}	0,75 РД	430	IIIO	I750	
	АУ-300/I	В	I40 ИКТ	90 МКО	-	I50 ОММ	I50 СМ	-	I50 ОЖ^{Г}	0,75 РД	I5I0	IIIO	I750	
	АУ-300/I	Г	I20 ИА	I00 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ	-	-	0,75 РД	I075	IIIO	I750	
	АУ-300/I	Д	I20 ИП	I00 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ	-	I50 ОЖ^{Г}	0,75 РД	775	IIIO	I750	
	АУ-300/I	Е	I40 ИКТ	I00 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ	-	I50 ОЖ^{Г}	0,75 РД	I855	IIIO	I750	

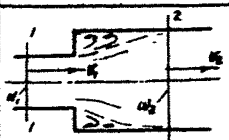
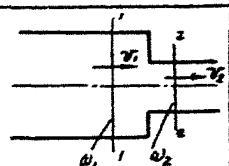
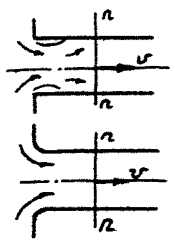
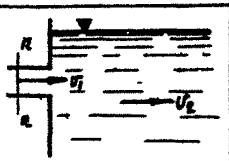
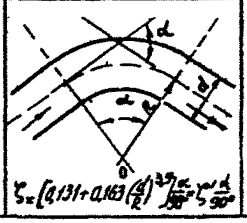
Таблица 35 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5
4.	АО-600	А	I80 ИП	I50 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ	-	I50 ОЖ^{Г}	I,5 РД	855	2220	I3I0	
	АО-600	Б	I80 ИКТ	I50 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ		I50 ОЖ^{Г}	I,5 РД	2I40	2220	I3I0	
5.	АО-I200	А	320 ИП	250 КВ	2,5 РВ	200 ОММ	300 СМ	-	200 ОЖ^{Г}	I,5 РД	I440	4440	2620	
	АО-I200	Б	300 ИКТ	250 КВ	2,5 РВ	200 ОММ	300 СМ	-	200 ОЖ^{Г}	I,5 РД	3665	4440	2620	
6.	ДАО-275	А	I80 ИП	I50 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ	I00 ПС$_3$	I50 ОЖ^{Г}	I,5 РД	IOI0	3330	I750	
	ДАО-275	Б	I80 ИКТ	I50 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ	I00 ПС$_3$	I50 ОЖ^{Г}	I,5 РД	2500	3330	I750	
7.	ДАОН-I75	А	I80 ИП	I50 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ	I00 ПС$_3$	I50 ОЖ^{Г}	I,5 РД	IOI0	4440	I750	
	ДАОН-I75	Б	I80 ИКТ	I50 КВ	I,5 РВ	I50 ОММ	I50 СМ	I00 ПС$_3$	I50 ОЖ^{Г}	I,5 РД	2500	4440	I750	
8.	ДАО-550	А	320 ИП	250 КВ	2,5 РВ	200 ОММ	300 СМ	I20 ПС$_3$	200 ОЖ^{Г}	I,5 РД	2085	6660	3500	
	ДАО-550	Б	300 ИКТ	250 КВ	2,5 РВ	200 ОММ	300 СМ	I20 ПС$_3$	200 ОЖ^{Г}	I,5 РД	43I0	6660	3500	
9.	ДАОН-350	А	320 ИП	250 КВ	2,5 РВ	200 ОММ	300 СМ	I20 ПС$_3$	200 ОЖ^{Г}	I,5 РД	2085	8880	4380	
	ДАОН-350	Б	300 ИКТ	250 КВ	2 5 РВ	200 ОММ	300 СМ	I20 ПС$_3$	200 ОЖ^{Г}	I,5 РД	43I0	8880	4380	

Примечание: Замораживающая станция, состоящая из нескольких компрессоров, комплектуется только одним хранежным ресивером.

Значения коэффициентов местных сопротивлений

Таблица 3-36

№№ пп	Характер местных сопротивлений	Эскиз, формула.	Значения коэффициента сопротивления ζ
1	Внезапное расширение	 $\zeta=\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}-1\right)^2$	$\frac{\omega_2}{\omega_1}$ | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 ζ | 81 | 49 | 25 | 9 | 1
2	Внезапное сужение	 $\zeta=0{,}5\left(1-\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)$	$\frac{\omega_2}{\omega_1}$ | 0,00 | 0,10 | 0,20 ζ | 0,50 | 0,45 | 0,40 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 0,30 | 0,20 | 0,10 | 0,00
3	Вход в трубу		ζ = 0,50 ζ = 0,20
4	Выход из трубы в резервуар больших размеров		ζ = 1,00
5	Поворот трубы на угол	 $\zeta=\left[0{,}131+0{,}163\left(\frac{d}{R}\right)^{3{,}5}\right]\frac{\alpha^\circ}{90^\circ}+\zeta'\frac{\alpha^\circ}{90^\circ}$	$\frac{d}{2R}$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 ζ' | 0,13 | 0,14 | 0,16 0,4 | 0,5 0,21 | 0,29

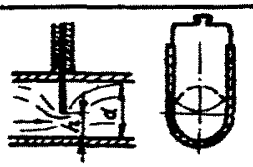
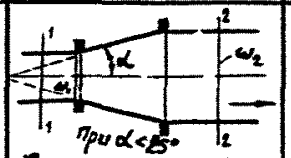
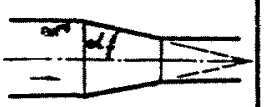
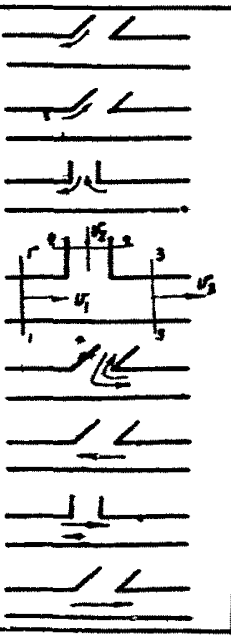
6	Задвижка типа Лудло		$\frac{d-h}{d}$ | 0 | 1/4 | 1/2 | 3/4 ζ | 0,11 ÷ 0,12 | 0. | 2,06 | 17,0
7	В е н т и л ь с прямым шпинделем при полном открытии		$\zeta = 3 \div 5,5$
8	К р а н "пробковый"		α | 15° | 30° | 45° | 55° ζ | 0,25 | 5,47 | 31,2 | 206
9	Расходящиеся переходные конусы	 при $\alpha < 45°$ $\zeta = \sin 2\alpha \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1\right)^2$	
10	Сходящиеся переходные конусы		α | 5° | 10° | 15° | 20° | 30° ζ | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32
11	Ответвления		$\zeta = 0,5$ $\zeta = 1,0$ $\zeta = 1,5$ $\zeta = 2,0$ $\zeta = 3,0$ $\zeta = 0,05$ $\zeta = 0,10$ $\zeta = 0,15$

Таблица 37

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ НАСОСОВ

Показатели	Марки насосов						
	3К-9	4НДв	4НДв	5НДв	6НДв	6НДв	6НДс
Производительность, $м^3/ч$	45	90	108	150	216	360	330
Напор, м.вод.ст.	31	25	22	28	42	34	64
Мощность двигателя, квт	7,2	12,0	12,0	22,0	40,0	55,0	100,0
Диаметры патрубков, мм:							
всасывающего	80	150	150	150	200	200	200
нагнетательного	50	100	100	120	150	150	150
Вес, кг	46	285	285	270	300	300	300

С О Д Е Р Ж А Н И Е

		Стр.
	Предисловие	4
I.	Общие сведения	5
	I. Сущность способа замораживания горных пород	5
	2. Режимы замораживания пород	6
	3. Режимы работы замораживающей станции	7
	4. Схемы замораживания пород	9
II.	Исходные данные для проектирования замораживания пород	I5
	I. Инженерно-геологические данные	I5
	2. Глубина замораживания	I5
	3. Нагрузка на ледопородное ограждение ствола	33
III.	Проектирование ледопородного ограждения ствола	34
	I. Расположение замораживающих скважин	34
	2. Средняя температура и прочность замороженных пород	36
	3. Толщина ледопородного ограждения ствола	37
IV.	Расчет основных параметров процесса замораживания пород	38
	I. Параметры движения рассола	38
	2. Температура рассола	[illegible]
	3. Холодопроизводительность замораживающей станции	[illegible]
	4. Продолжительность активного замораживания пород	[illegible]
	5. Пассивное замораживание пород и его длительность	[illegible]
V.	Проектирование замораживающей станции	9
	I. Аммиачные компрессоры	[illegible]
	2. Холодильное оборудование	[illegible]
	3. Основные материальные ресурсы	[illegible]
	Приложения	58

Ответственный за выпуск В.А. [illegible]
Редактор [illegible]

Заказ 296/71 от 31 августа 1971 г. Формат [illegible]. Печ. л. [illegible]; уч.-изд. л. 6.5. Тираж 100 экз. Цена 70 коп.

Ротапринт ВНИИОМЮСа, г.Харьков-92, [illegible], ул. [illegible] 18.

gost.e-ecolog.ru