МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ

по проектированию осушения месторождений полезных ископаемых черной металлургии СССР

Белгород 1982

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОСУШЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

Утверждена протоколом совещания у заместителя министра черной металлургии СССР от 15 мая 1981 года № 176

Белгород 1982

УДК 622.58.001.2

Инструкция составлена во исполнение указания Минчермета СССР (письмо Черметпроекта от I апреля 1975 г. № 10-96) и на основе обобщения опыта проектирования, строительства и эксплуатации систем осушения на горнорудных предприятиях отрасли. При составлении инструкции использованы результаты выполнявшихся в институте ВИОГЕМ в течение ряда лет научно-исследовательских работ, а также методические разработки в этой области других организаций.

Инструкция утверждена заместителем министра черной металлургии СССР т.Виноградовым В.С. 15 мая 1981 г. Составлена к.т.н.Е.С.Гнедченко , Ю.И.Ляпиным, к.т.н. Г.М.Крестоносовским, Л.Д.Захаровым , И.Д.Богдановым , к.т.н. И.Ф.Оксаничем, к.т.н.Е.П.Писанцом, З.М.Писменецкой, Ю.В.Колесовым, К.М.Шематоровым.

© Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу (ВИОГЕМ), 1982.

Министерство черной металлургии СССР	Ведомственные строительные нормы Временная инструкция по проектированию осушения месторождений полезных ископаемых черной металлургии СССР	МЧМ СССР Взамен

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Правила настоящей инструкции распространяются на порядок разработки, содержание и состав проектов защиты месторождений полезных ископаемых черной металлургии СССР от подземных вод. Поскольку наиболее распространенным технологическим процессом защиты месторождений полезных ископаемых от подземных вод является их осушение, в дальнейшем в инструкции принято наименование - проект осушения. Другие методы защиты оговариваются особо.

I.2. Проект осушения является составной частью общего проекта разработки месторождений полезных ископаемых. На действующих предприятиях допускается по решению инстанции, утвердившей задание на проектирование, составление локального проекта.

Разработка проектов осушения промплощадок предприятий регламентируется специальной инструкцией, утвержденной Минчерметом СССР.

I.3. Необходимость проектирования и выполнения мероприя-

Внесены институтом ВИОГЕМ	Утверждена протоколом совещания у заместителя министра черной металлургии от I5 мая I98I г. № I76	Срок введения в действие I апреля I982 г.

тий по осушению месторождений полезных ископаемых определяется совокупностью следующих основных природных и горнотехнических факторов:

геологическим строением, инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, количеством и водообильностью водоносных горизонтов, обводняющих горные выработки;

схемой вскрытия, системой и технологией разработки месторождений полезных ископаемых и типом применяемого при этом горного и транспортного оборудования;

сроками строительства и разработки рудника.

I.4. В проекте осушения месторождений полезных ископаемых необходимо разрабатывать мероприятия, направленные на обеспечение:

безопасных и благоприятных условий ведения горных работ;

устойчивости открытых и подземных горных выработок, а также отвалов вскрышных пород;

наиболее полного извлечения запасов полезного ископаемого;

снижения гравитационной влажности добываемого полезного ископаемого;

охраны водных ресурсов и окружающей среды района;

использования откачиваемых вод в народном хозяйстве.

I.5. Эффективность того или иного способа осушения месторождений следует устанавливать соответствующими гидрогеологическими расчетами.

I.6. Проектирование систем осушения может осуществляться в одну или две стадии. При одностадийном проектировании составляется рабочий проект со сводным сметным расчетом стоимости для технически несложных объектов. Для крупных и сложных объектов проектирование выполняется в две стадии - проект со сводным сметным расчетом стоимости и рабочая документация со сметами.

Решение о стадийности принимается инстанцией, утвердившей задание на проектирование.

I.7. Разработке проектов и рабочей документации в отдельных случаях по решению Минчермета СССР может предшествовать составление материалов с необходимыми расчетами в составе схем развития отрасли по экономическим районам и союзным республикам.

I.8. Состав указанной проектной документации и перечень вопросов, разрабатываемых на каждой стадии проектирования, определяется общесоюзными нормативными документами и отраслевыми эталонами.

I.9. Требования к исходным данным для проектирования осушения определяются стадией проектирования и сложностью гидрогеологических условий месторождения.

I.I0. Основанием для разработки проекта осушения горнорудного предприятия является техническое задание на проектирование, которое составляется генеральной проектирующей организацией (заказчиком) с участием субподрядной специализированной проектной организации и утверждается в порядке, регламентированном соответствующими инструкциями Госстроя СССР. Состав технического задания на проектирование регламентируется стандартом предприятия.

I.II. Вместе с заданием на проектирование заказчик должен выдать исходные материалы:

отчеты и заключения по гидрогеологическим, инженерно-геологическим и геофизическим изысканиям, выполненным при разведке месторождений и по специальным исследованиям;

материалы по горной, электромеханической, сметно-экономической частям проекта горнорудного предприятия;

утвержденные проекты осушения на предыдущей стадии разработки и материалы по их рассмотрению и утверждению.

Кроме того, при проектировании должны быть использованы данные по другим участкам рассматриваемого месторождения. Наряду

с этим в качестве аналогов следует использовать материалы по осушению соседних строящихся и действующих горнорудных предприятий.

Если проект осушения выполняется одновременно с проектированием горнодобывающего предприятия, некоторые исходные данные могут быть получены в процессе проектирования.

I.I2. Степень изученности гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических условий месторождения при его разведке должна быть достаточной для проектирования горнодобывающего предприятия и соответствовать требованиям Инструкции о содержании, оформлении и порядке представления в ГКЗ СССР и ТКЗ материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых, утвержденной в 1975 году.

Основные требования к гидрогеологическим и инженерно-геологическим исходным данным для проектирования осушения сводятся к следующему:

должны быть изучены водоносные горизонты, залегающие как выше, так и ниже полезного ископаемого, даже при наличии сравнительно мощной разделяющей их толщи водоупорных пород;

гидрогеологические и инженерно-геологические исследования должны учитывать принципиальные соображения о возможном способе вскрытия и системе дренажа и концентрировать исследования на участке первоочередного освоения месторождения;

изучение гидрогеологического строения при детальной разведке может ограничиваться площадью месторождения лишь при относительно простых гидрогеологических условиях. В других случаях исследования должны проводиться на большей площади, которая распространяется до границ области фильтрации, если их возможно определить с необходимой достоверностью. В противном случае, а также при значительной удаленности границ области фильтрации

изучение должно охватывать область в пределах влияния строительного водопонижения.

I.I3. Проектирование и сооружение систем осушения осуществляется, как правило, в несколько этапов, при этом на каждом этапе производится корректировка проектных решений по результатам эксплуатационных работ.

С целью получения необходимых для этого материалов на горнорудных предприятиях проектом должна предусматриваться гидрогеологическая служба, которая осуществляет наблюдения в соответствии с инструкцией, утвержденной Минчерметом СССР. Численность гидрогеологической службы горнорудных предприятий и цехов проектируется в соответствии с Нормативами численности ИТР и служащих промышленно-производственного персонала, типовых структур управления, штатов и нормативов численности руководящих, инженерно-технических работников и служащих основных, вспомогательных цехов и лабораторий горнорудных предприятий черной металлургии , утвержденными Минчерметом СССР.

2. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ И СХЕМ ОСУШЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

С т а д и и о с у ш е н и я

2.I. В зависимости от сроков сооружения дренажных устройств по отношению к горным работам выделяются стадии опережающего и параллельного осушения.

Опережающее осушение следует выполнять на месторождениях со сложными и очень сложными гидрогеологическими условиями до вскрытия водоносных горизонтов горными работами, когда для нормального ведения последних требуется заблаговременное полное или частичное снижение напоров или уровней подземных вод.

Опережающее осушение применимо также на месторождениях простой и средней сложности в тех случаях, когда по условиям строи-

тельства горнорудного предприятия необходимо ускорить процесс водопонижения.

2.2. Параллельное осушение проводится на месторождениях с простыми гидрогеологическими условиями одновременно с подготовительными и эксплуатационными горными выработками или земляными работами в строительных котлованах, и депрессионная воронка развивается параллельно с проведением горных и строительных работ. Параллельное осушение применяется также на объектах со сложными гидрогеологическими условиями вслед за предварительным водопонижением. В этом случае оно должно обеспечивать дальнейшее снижение напоров и уровней, оставшихся после предварительного осушения.

Способы осушения

2.3. При осушении месторождений полезных ископаемых применяются три способа осушения:

поверхностный, при котором осушительные мероприятия выполняются с поверхности земли или с уступов карьеров. Он используется как при открытой, так и при подземной разработке месторождений;

подземный, предусматривающий создание системы осушения, включающей дренажные шахты с водоотливными комплексами и горизонтальные горные выработки с дренажными устройствами. При подземной разработке месторождений специальных шахтных стволов, как правило, не требуется;

комбинированный, сочетающий оба указанных способа.

2.4. Выбор способа осушения при проектировании необходимо осуществлять на основе анализа геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических, орогидрографических и климатических, горнотехнических и экономических факторов и в соответствии с оснащенностью техническими средствами осушения.

2.5. При решении локальных вопросов по обеспечению безопасных условий производства горных работ необходимо предусматривать применение методов водопонижения – цементацию горных пород, их замораживание, химическое закрепление, а также и специальных способов осушения (электроосмос, вакуумирование и т.п.).

2.6. На месторождениях с неглубоким залеганием водоносных горизонтов, характеризующихся высокими фильтрационными свойствами и преобладанием динамических ресурсов над статическими запасами, рекомендуется применять противофильтрационные завесы, которые наиболее эффективны при условии их сооружения вблизи сосредоточенного источника обводнения (водотока или водоема), а также длительном сроке существования (например, на нерабочем борту карьера).

Системы осушения

2.7. Системы осушения представляют собой совокупность определенным образом расположенных устройств и средств, предназначенных для приема, откачки и отвода подземных вод. Системы осушения должны сооружаться и вводиться в действие и развиваться в порядке, принятом в соответствии с гидрогеологическими условиями месторождения, календарным графиком строительства и эксплуатации предприятия, технологией производства горных работ, используемым горнотранспортным оборудованием.

2.8. Расположение дренажных устройств в плане и разрезе относительно горных работ определяет схемы осушения. Наиболее употребительны в проектной практике контурные и линейные схемы. Реже используется расположение по сетке и кустовое. В высотном отношении схемы осушения делятся на одноярусные и многоярусные.

2.9. Линейное расположение горизонтальных и вертикальных дрен следует применять:

для перехвата потока подземных вод ограниченной ширины;

в полуограниченных пластах при расположении месторождений вблизи области питания, например, реки;

для дренажа рабочих бортов, въездных и разрезных траншей;

для осушения или снятия гидростатических напоров в районе протяженных подземных горных выработок при их проходке.

2.10. Контурное расположение дрен следует выбирать:

при небольшой площади месторождений (в плане);

при поступлении подземных вод со всех сторон;

при горизонтальном залегании водоносных горизонтов.

2.11. Расположение дренажных устройств по сетке следует применять в основном при относительно равномерной обводненности месторождений по площади и малых коэффициентах фильтрации водоносных пород, например, при осушении основания отвалов.

2.12. Кустовое расположение дренажных устройств следует использовать при резко выраженной фильтрационной неоднородности или закарстованности водосодержащих пород, закладывая их в местах увеличенной мощности и зонах высокой водообильности.

2.13. Одно- или многоярусные системы следует применять в зависимости от числа водоносных горизонтов, требующих осушения. При этом осушение каждого водоносного горизонта осуществляется, как правило, самостоятельно.

При осушении шахтных полей расположение дренажных устройств в несколько ярусов может обуславливаться несовпадением в плане развития горных работ на различных горизонтах.

Требования к проектируемым системам осушения

2.14. Основными критериями для выбора предела осушения являются величины водопритоков и гидростатических напоров.

2.15. Допускаемые величины водопритоков и напоров зависят от ряда факторов: геолого-гидрогеологических условий, способа

отработки, параметров горных выработок, применяемого горнотранспортного оборудования и должны определяться проектом.

2.16. При отработке месторождений подземным способом величины допускаемых водопритоков и остаточных гидростатических напоров в горно-капитальные, подготовительные и очистные выработки на месторождениях, сложенных крепкими устойчивыми породами, должны определяться проектом исходя из опыта строительства и эксплуатации рудников на аналогичных месторождениях или на основании выполнения специальных научно-исследовательских работ.

2.17. При наличии в почве или кровле подземных горных выработок связных пород, отделяющих водоносные отложения, требования к безопасной проходке горных выработок должны определяться допустимыми гидростатическими напорами, не оказывающими разрушающего воздействия на крепь и не вызывающими пучения почвы этих выработок при возникновении других инженерно-геологических явлений. Эти же требования должны соблюдаться при наличии обводненных песков, не вскрываемых горными выработками и не попадающих в зону обрушения.

2.18. При отработке месторождений открытым способом дренажные мероприятия должны обеспечить устойчивость бортов карьеров и основания внутренних отвалов, а также благоприятные условия работы горного и транспортного оборудования. В суровых климатических условиях, кроме того, требуется предотвращение смерзания полезного ископаемого и вскрышных пород.

2.19. На карьерах, разрабатывающих скальные породы и руды, дренажные мероприятия сводятся к организованному приему и отводу воды от рабочих бортов к открытому водосточиву.

При производстве горных работ в рыхлых связных породах, под которыми залегают водоносные отложения, дренажные мероприятия, как и при подземном способе отработки, должны обеспечить снятие

гидростатических напоров до допустимых величин, определяемых в каждом конкретном случае гидрогеологическими расчетами.

2.20. Требования к осушению рыхлых несвязаных грунтов сводятся к ограничению влияния фильтрационных деформаций на их устойчивость. Определяющим является "критический" водоприток, то есть величина, которой соответствуют фильтрационные деформации, предельно допустимые для принятого горного оборудования, и схемы отработки уступов и которая должна определяться проектом. При этом рекомендуется пользоваться критериями, разработанными институтом ВНИМИ, которые сводятся к следующему.

Под "критическим" притоком понимается такая величина притока на 1 пог. м протяженности фронта работ, которой соответствуют масштабы фильтрационных деформаций, предельно допустимые для данного типа горного оборудования и выбранной схемы отработки уступов.

I. Если почва водоносного горизонта совпадает с рабочей площадкой уступа, то "критический" приток определяется расчетом исходя из допустимой длины языка оплывания ($\ell_{опл}$ q); расчет ведется подбором по формулам.

Длина языка оплывания определяется по формуле

$$\ell = \frac{h_в}{i_c},$$

где $h_в$ – высота промежутка высачивания;

i_c – средний уклон зоны оплывания.

Причем величину i_c можно найти из выражения

$$i_в = x \frac{\gamma_в \rho}{2},$$

где x определяется по табл. 2.I при $q_0 \leq$ 7 м^3/сут на I пог. м или по табл. 2.2 при $q_0 >$ 7 м^3/сут на I пог. м (q_0 – удельный расход потока, вытекающего на откос). Для подтопленных откосов вместо q_0 в расчет вводится величина q_0' :

$$q_0' = K h_в \frac{h_в + 0{,}75 h_0}{h_c + (m + 0{,}5) h_в},$$

где h_o – превышение зеркала воды над водоупором.

Высота промежутка высачивания $h_в$ определяется по формуле

$$h_в = (m + 0{,}5)\frac{q_o}{K},$$

причем в расчет вводится величина условного заложения откоса

$$m = \frac{5}{tg\rho + 3J_c}.$$

Оплывание песков вызывает осыпание верхней части откоса, ширина зоны осыпания определяется формулой

$$\Delta\ell = \frac{h_в}{2H}\left(\frac{1}{J_c} - \frac{1}{tg\rho}\right),$$

где H – высота откоса.

Таблица 2.I

λ	0	20	50	I00	I50	200
x	I	0,75	0,49	0,3	0,2I	0,I6

Таблица 2.2

λ	0	2	5	I0	I5
x	I	0,9I	0,66	0,3I	0,I6

Причем для $q_o \leq 7$ м^3/сут, то есть для ламинарного режима $\lambda = \frac{\sqrt[3]{q_o}}{d_{50}}$, а для $q_o > 7$ м^3/сут для турбулентного режима

$$\lambda = \sqrt{\frac{q_o}{3d_{50} + 0{,}05}};$$

а) величина $\ell_{опл}\,q$ для мехлопат может определяться из условия

$$\ell_{опл}\,q = R - H\ ctg\alpha,$$

где R – радиус черпания на уровне стояния экскаватора;

H – высота уступа;

α – угол откоса уступа.

Ориентировочно величину $\ell_{опл}\,q$ для мехлопат можно принять равной 5–8 м;

б) для многочерпаковых экскаваторов нижнего черпания величину $\ell_{опл}\,q$ можно принять равной длине планирующего звена черпаковой рамы;

в) для многочерпаковых экскаваторов верхнего черпания $\ell_{опл}\,q$ равна удалению путей от основания уступа;

г) для роторных экскаваторов $\ell_{опл}\,q$ равна расстоянию от основания уступа до ближайшей опорной точки при минимальном радиусе резания;

д) для драглайнов (при работе без подвалки)

$$\ell_{опл}\,q = R_p - H_{отв}\ ctg\alpha_{отв} - B - \frac{B}{2}\ ctg\alpha,$$

где R_p – радиус разгрузки;

$H_{отв}$ – высота отвала;

$\alpha_{отв}$ – угол его откоса;

B – ширина бермы безопасности (3–5 м);

B – расстояние между внешними краями лыж.

При работе с верхним подуступом $\ell_{опл}\,q$ должна быть меньше расстояния от нижней бровки подуступа до ближайшей опорной точки экскаватора.

2. Если почва водоносного горизонта "подрезана", то для "критических" притоков в условиях работы многочерпаковых экскаваторов и мехлопат рекомендуются следующие величины, полученные на основании наблюдений:

для пылеватых песков – 0,2 $м^3$/сут;

для чистых тонкозернистых песков – 0,5 $м^3$/сут;

для мелкозернистых песков – 1,2 $м^3$/сут;

для среднезернистых песков – 2,5 $м^3$/сут;

для крупнозернистых песков – 5 $м^3$/сут (на 1 пог. м).

Для драглайнов и роторных экскаваторов, в первом приближении, можно ориентироваться на величины "критических" притоков,

подсчитанные согласно п. I, вводя в них коэффициент запаса порядка 2,0.

3. При работе гидромониторов "критические" расходы определяются исходя из условия, чтобы фильтрационными деформациями не была захвачена рабочая площадка вышележащего уступа (если таковой имеется). Кроме того, в целях устранения существующих затруднений в организации водоотвода целесообразно, чтобы притоки не превышали следующих величин:

для тонкозернистых песков - 2,0 $м^3$/сут;

для мелкозернистых песков - 4,0 $м^3$/сут;

для среднезернистых песков- I0 $м^3$/сут;

для крупнозернистых песков - I8 $м^3$/сут (на I пог. м).

4. Если фильтрующиеся воды поступают не в забой, а в дренажную траншею (канаву), "критические" расходы определяются исходя из требований устойчивости ее откосов. Согласно результатам наблюдений можно рекомендовать следующие величины предельных притоков:

для пылеватых песков - 0,4 $м^3$/сут;

для тонкозернистых песков - 0,8 $м^3$/сут;

для мелкозернистых песков - 2,0 $м^3$/сут;

для среднезернистых песков - 3,5 $м^3$/сут;

для крупнозернистых песков - 7,0 $м^3$/сут (на I пог.м).

Указанные величины должны сопоставляться с притоками в пределах промежутка высачивания.

Наблюдения за эффектом осушения

2.2I. В проекте должен определяться комплекс гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений в соответствии со степенью сложности инженерно-геологических условий разработки месторождения, а также его обводненностью. Гидрогеологические

наблюдения при строительстве и эксплуатации горных предприятий должны проводиться в соответствии с Инструкцией по гидрогеологическому и инженерно-геологическому обслуживанию горнодобывающих предприятий, утвержденной Минчерметом СССР в 1978 г.

В составе режимной сети надлежит предусматривать наблюдательные скважины, водомерные посты и другие сооружения, строительство которых должно быть осуществлено до начала работ по осушению месторождения.

2.22. Сеть наблюдательных скважин должна проектироваться таким образом, чтобы наиболее полно выявить гидрогеологические условия дренируемого водоносного горизонта.

Располагать наблюдательные скважины в области влияния системы осушения следует на тех ее участках, на которых значения основных гидрогеологических параметров оказывает наибольшее влияние на эффективность дренажа.

3. ТИПЫ ДРЕНАЖНЫХ И ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ И ОБЛАСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Общие положения и требования, предъявляемые к защитным устройствам

3.1. При осушении месторождений полезных ископаемых вскрытие дренируемых водоносных горизонтов и прием воды из них производится дренажными устройствами. Защита месторождений путем преграждения потока подземных вод осуществляется с помощью противофильтрационных завес.

Для контроля эффекта осушения используются наблюдательные скважины.

3.2. Дренажные и противофильтрационные устройства должны удовлетворять следующим требованиям:

обеспечивать достижение необходимого эффекта;

быть надежным в работе;

обладать ремонтопригодностью;

иметь сравнительно невысокую трудоемкоть и стоимость при строительстве и эксплуатации;

не вызывать загрязнения природных ресурсов и окружающей среды.

Устройства, используемые при осушении месторождений

3.3. В качестве дренажных устройств при осушении следует предусматривать дренажные траншеи, прибортовые дренажи, водопонижающие, горизонтальные, восстающие, разгрузочные и поглощающие скважины, сквозные фильтры, иглофильтровые и вакуумные установки и дренажные горные выработки, которые могут применяться самостоятельно или в различных сочетаниях.

3.4. Дренажные траншеи, представляющие собой вытянутые в плане котлованы глубиной до 15 м, следует, как правило, применять в качестве устройств опережающего осушения при отработке открытым способом слабонаклонных залежей и предназначены для перехвата подземных вод. В случае, если дренажные каналы рассчитаны на длительный срок службы (более 1 года) в них следует предусматривать укладку трубчатых дрен.

3.5. Прибортовой дренаж может состоять или только из дренажных канав, или из канав в сочетании с фильтрующей пригрузкой, укладываемой у основания уступов бортов карьеров. Необходимость устройства прибортового дренажа определяется проектом в зависимости от расчетных величин фильтрационных деформаций.

3.6. Водопонижающие скважины, сооружаемые с поверхности, следует применять для снятия гидростатических напоров или дренажа верхней части водоносных горизонтов. Допускается применять

водопонижающие скважины, оборудованные фильтрами на несколько водоносных горизонтов.

Водопонижающие скважины, как правило, применяются при осушении водоносных горизонтов с коэффициентом фильтрации 3-5 м/сут и более, но могут предусматриваться для осушения пород с меньшей водопроницаемостью, если водоносный горизонт имеет большую мощность или подошва пласта располагается значительно глубже требуемой величины снижения уровня.

3.7. Лучевые дрены, как правило, следует предусматривать для дренажа водоносных горизонтов, характеризующихся слабыми фильтрационными свойствами и незначительной мощностью.

3.8. Иглофильтровые и эжекторные установки следует предусматривать для понижения уровня подземных вод одной ступенью на 4-5 м от оси насоса в породах с Кф от I до 50 м/сут.

Вакуумные установки, в которых вакуум развивается в зоне фильтра, надлежит предусматривать в породах с коэффициентом фильтрации от 0,05 до 2 м/сут, используя:

для глубины понижения уровня подземных вод до 6 м - установки вакуумного водопонижения и иглофильтры с обсыпкой;

для глубины понижения уровня подземных вод до II м - эжекторные иглофильтры с обсыпкой;

для глубины понижения уровня подземных вод до 20 м - эжекторные водопонижающие установки.

Для обеспечения вакуума в скважине следует предусматривать гравийно-засыпные фильтры.

3.9. Горизонтальные дренажные скважины закладываются у основания откосов бортов карьеров и применяются главным образом на нерабочих бортах. Для осушения рабочих бортов следует предусматривать сооружение горизонтальных дренажных скважин, оборудуемых трубами, изготовленными из материалов, легко поддающихся разрушению при работе горного оборудования (керамических, асбестоцементных и др.).

3.10. Проходку подземных дренажных выработок допускается проектировать как по слабо водопроницаемым или практически водоупорным породам, когда они служат для приема воды из других дренажных устройств и транспортировки ее к водосборникам рудничного водоотлива, так и по устойчивым трещиноватым породам, когда они имеют самостоятельное дренирующее значение. В проекте должно быть предусмотрено бурение опережающих скважин из забоя дренажных выработок или из специальных камер.

3.11. Сквозные фильтры следует применять для дренирования водоносных горизонтов, залегающих на значительной высоте над горными выработками, когда бурение восстающих скважин технически невозможно или экономически нецелесообразно.

3.12. Разгрузочные скважины, работающие на самоизлив, следует применять для снятия гидростатических напоров до почвы горной выработки или дна карьера.

3.13. Дренажные скважины наклонно-восстающие или восстающие бурятся из подземных горных выработок под различными углами к горизонту – от горизонтальных до вертикальных вверх и предназначены для снятия напоров и осушения водоносных пород, находящихся над горными выработками. Обычно сооружаются на участках повышенной обводненности: в зонах тектонических нарушений, местах контактов различных литолого-стратиграфических разностей пород, закарстованных участках и т.д.

3.14. Водопонижающие колодцы, сооружаемые непосредственно в подземных горных выработках, на уступах бортов и дне карьеров, применяются в случаях, когда требуется или осуществить снижение уровня подземных вод на сравнительно небольшую величину, или бурение скважин с поверхности земли нецелесообразно.

3.15. Водосбросные скважины проектируются для перепуска подземных и атмосферных вод, поступающих на уступы или дно карьера, в подземную дренажную систему.

Противофильтрационные завесы

3.16. По технологии сооружения и материалу, используемому при строительстве, выделяются следующие типы противофильтрационных завес:

а) щелевые или инфузионные;

б) нагнетательные или инъекционные;

в) ледопородные или криогенные.

Каждый тип завес имеет свои преимущества и недостатки и применяется в зависимости от гидрогеологических условий месторождения. В скальных трещиноватых, закарстованных и грубо-обломочных породах, как правило, надлежит использовать инъекционные завесы, в песчано-глинистых - инфузионные, криогенные, реже - инъекционные. Способ сооружения противофильтрационных завес, тип водонепроницаемого заполнителя и другие параметры должны определяться проектом на основе технико-экономических расчетов в соответствии с конкретными гидрогеологическими условиями.

3.17. При проектировании противофильтрационных завес надлежит руководствоваться Временной инструкцией по проектированию стен сооружений и противофильтрационных завес, сооружаемых способом "стена в грунте".

4. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Основные положения

4.1. Гидрогеологические расчеты являются основой для проектирования систем осушения при освоении и разработке месторождений полезных ископаемых.

4.2. Гидрогеологическими расчетами надлежит определять:

водопритоки к карьерному или шахтному полю и дренажным устройствам;

величину снижения уровней (напоров) подземных вод;

количество дренажных устройств, их расположение, распределение водопритоков между ними и горными работами;

производительность, размеры и другие параметры дренажных устройств;

общую продолжительность работы дренажных устройств с учетом обеспечения требуемого понижения уровней (напоров) подземных вод в расчетных точках не менее чем за 0,5 месяца до вскрытия водоносного горизонта горными работами и режима поддержания сниженного уровня в течение проектного срока их строительства;

взаимодействие дренажных систем смежных горнорудных предприятий;

влияние водозащитных мероприятий на режим подземных вод в пределах месторождений и прилегающей к ним территории;

прогноз изменений качества подземных вод в процессе водопонижения.

При проектировании водопонижения необходимо прогнозировать его влияние на состояние горных выработок и окружающей среды, предусматривая в необходимых случаях проведение специальных исследований.

4.3. На основе гидрогеологических расчетов устанавливаются объемы и сроки осушительных мероприятий при различных схемах расположения дренажных и противофильтрационных устройств и дается сравнительная оценка технико-экономических показателей нескольких конкурирующих вариантов систем осушения горнорудного предприятия.

4.4. Естественная фильтрационная неоднородность водоносных горизонтов, а также неизбежные погрешности при определении расчетных параметров и схематизации природной обстановки предопределяют приближенность гидрогеологических расчетов. При проектировании следует оценивать достоверность расчетов в зависимости от сложности гидрогеологических условий и степени изученности месторождения методами, указанными ниже.

Схематизация природных условий

4.5. Для проведения расчетов следует предварительно выполнить схематизацию природной обстановки с целью выбора типа математической модели, реализуемой различными расчетными методами

4.6. При разработке расчетной гидродинамической схемы осушения и выполнении гидрогеологических расчетов необходимо наряду с гидродинамическими методами применять вероятностные модели, учитывающие случайный характер распределения водопроводимости водоносного горизонта.

4.7. Вероятностные модели должны обязательно отражать влияние основных геолого-гидрогеологических факторов на процесс формирования водопритоков и развития эффекта осушения: структурных особенностей месторождения, изменение литологии водоносного горизонта и т.д.

4.8. Водоносные горизонты по характеру и степени фильтрационной неоднородности в плане и разрезе подразделяются:

на однородные, когда выделение зон различной водопроводимости нецелесообразно;

на неоднородные, когда для водоносного горизонта характерно незакономерное ступенчатое изменение фильтрационных свойств (кусочно-однородный пласт);

на неоднородные, когда для водоносного горизонта характерно постепенное изменение средних значений водопроводимости в определенном направлении.

При проектировании решение о разграничении водоносного горизонта на зоны различной водопроводимости должно приниматься с помощью вероятностных моделей в зависимости от влияния осреднения гидрогеологических параметров на точность расчетов.

4.9. Нижнюю границу в трещиноватых породах большой мощности следует принимать с учетом затухания трещиноватости с глуби-

ной, причем положение условного водоупора определяется соотношением проницаемости у кровли и нижней границы I:20.

4.I0. Границы реальных областей фильтрации, как правило, имеют сложные геометрические очертания. Для целей расчета их следует представлять в виде прямолинейных или круговых контуров с определенными условиями фильтрации применительно к типовым расчетным схемам.

Выбор и обоснование расчетных параметров

4.II. Основными расчетными параметрами являются:

K – коэффициент фильтрации, м/сут;

H – высота столба воды (напор) в естественных условиях, м;

m – мощность водоносного горизонта, м;

S – понижение уровня или напора подземных вод, м;

a – коэффициент пьезо- или уровнепроводности, $м^2$/сут;

μ – водоотдача, доли единицы;

W – величина инфильтрации, м/сут;

R – радиус влияния (депрессии), м;

L – расстояние от границ области питания и разгрузки водоносного горизонта, м;

r_o – приведенный радиус осушаемого участка, м;

t – время осушения, сут.

4.I2. На всех стадиях и этапах проектирования необходимо производить с обязательным соблюдением условий п. 4.7 оценку достоверности имеющихся гидрогеологических данных, используя которую, методами, изложенными в последующих разделах инструкции, определяется резерв дренажных устройств.

4.I3. Количественная мера достоверности параметра (например, водопроводимости), в качестве которой рекомендуется принимать

относительную ошибку определения среднего значения расчетного параметра, определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{km}}{\sqrt{n}\,\overline{km}}, \qquad (4.I)$$

где $\overline{km}$ – среднее значение водопроводимости.

4.I4. Расстояние до границ областей питания и разгрузки следует определять по материалам опытно-фильтрационных работ. В случае значительной удаленности границ от защищаемого участка или отсутствия сведений о них необходимо использовать расчетную величину радиуса влияния.

4.I5. Понижение уровня или напора необходимо принимать в соответствии с требованиями, предъявляемыми к осушительным мероприятиям (предотвращение прорывов воды, обеспечение устойчивости горных выработок, снижение влажности полезного ископаемого и т.д.).

4.I6. Коэффициенты пьезо- и уровнепроводности должны определяться по результатам опытных работ, а в случае отсутствия этих сведений их следует принимать на начальных стадиях проектирования по аналогии.

4.I7. Выбор и обоснование параметров следует увязывать с типом принимаемой для реализации математической модели. Так, например, для аналитического расчета желателен подбор параметров в соответствии с одной из типовых расчетных схем.

В случае необходимости должны рассчитываться также дополнительные параметры (параметр перетекания, сопротивления ложа реки или водоема и т.п.).

Аналитические расчеты дренажных устройств

4.I8. Гидрогеологические расчеты должны выполняться в соответствии с выбранной расчетной схемой и принятыми расчетными параметрами по этапам работ для установившегося или неустановив-

шегося режимов фильтрации. Расчеты водопонижения систем длительного действия следует начинать с расчетов по установившемуся режиму.

4.19. Расчеты по неустановившемуся режиму должны выполняться для случаев:

сравнительно кратковременных водопонижающих работ;

первоначального периода эксплуатации осушительных систем, рассчитанных на длительную работу, при близрасположенной области питания;

длительного периода эксплуатации водопонижающих систем при отдаленной области питания;

поддержания проектных уровней при изменении условий питания.

4.20. Рекомендуется следующий общий порядок расчета осушительных систем:

определяется приток воды к горным выработкам и изменение его во времени;

полученный приток оценивается по возможности проявления отрицательных горно-геологических явлений и необходимости осушения;

исходя из общего притока задается количество водопонижающих устройств с учетом их ожидаемой эффективности, имеющегося насосного оборудования и определяется производительность дрен;

дальнейшим расчетом выявляется оптимальная дренажная система для нескольких возможных схем;

рассчитывается понижение в дрене и "скачок" уровня у наружной поверхности фильтра;

определяются диаметр, длина фильтра и глубина дрены;

рассчитываются ординаты депрессионной поверхности в соответствующих точках.

В зависимости от конкретных гидрогеологических условий допускается изменять последовательность расчетов.

4.2I. Расчеты следует выполнять исходя из линейного закона фильтрации.

Типовые расчетные схемы и соответствующие им расчетные формулы для установившегося и неустановившегося режима фильтрации приведены в табл. 4.I, 4.2, 4.3, 4.4. При этом общие расчетные зависимости при установившемся режиме фильтрации имеют вид:

для плоского потока

$$Q = \frac{mk(H-y)\ell}{R-x}; \qquad (4.2)$$

для радиального потока

$$Q = \frac{2\pi mk(H-y)}{\ell n \frac{R}{x}}. \qquad (4.3)$$

При неустановившемся режиме фильтрации

в напорных условиях

$$Q = \frac{2\pi mS}{\alpha}, \qquad (4.4)$$

в безнапорных условиях

$$Q = \frac{\pi k(H+y)S}{\alpha}, \qquad (4.5)$$

где k – коэффициент фильтрации, м/сут;

Q – приток, $м^3$/сут;

m – толщина водоносного слоя при напорной фильтрации или средняя толщина потока, равная $\frac{H+y}{2}$ при безнапорной фильтрации, м;

H – напор грунтовых вод, м;

y – напор в расчетной точке, м;

ℓ – длина расчетного участка линейной водопонижающей системы, м;

x – расстояние от оси линейной или от центра контурной водопонижающей системы до расчетной точки, м;

R – радиус депрессии, м;

α – гидравлическое сопротивление;

t – время, сут;

a – коэффициент пьезо- или уровнепроводности, $м^2$/сут.

4.22. Для объектов, характеризующихся весьма сложными условиями (несколько взаимосвязанных водоносных горизонтов, сложная смена водоупорных и водоносных пород в плане и разрезе) рекомендуется применять только приближенные методы аналитических расчетов, так как схематизация природной обстановки для использования обычных гидродинамических расчетных схем крайне затруднительна.

4.23. Дебит каждой из горизонтальных скважин определяется по следующим формулам:

при плоскопараллельном движении подземных вод к борту карьера

$$Q = \frac{1{,}16\,k H \ell \sqrt{\left(\frac{H}{R}\right)^3}}{\left(\frac{\ell}{2b}\right)^{0{,}57}}; \qquad (4.6)$$

при радиальном движении подземных вод

$$Q = \frac{1{,}16\,k H \ell \sqrt{\left[\frac{H}{(R-r_0)\left[\ln R - \ln(r_0+\ell+\rho)\right]}\right]^3}}{\left[\frac{n\ell}{2\pi(R-r_0)}\right]^{0{,}57}}. \qquad (4.7)$$

Расход подземных вод, высачивающихся на участке между двумя соседними скважинами, определяется соответственно

$$Q_0 = \frac{0{,}372\,k H \cdot 2b \sqrt{\left(\frac{H}{R}\right)^3}}{\left(\frac{\ell}{2b}\right)^{0{,}57}}; \qquad (4.8)$$

$$Q_0 = \frac{2{,}34\,k H \frac{R-r_0}{n} \sqrt{\left[\frac{H}{(R-r_0)\left[\ln R - \ln(r_0+\ell+\rho)\right]}\right]^3}}{\left[\frac{n\ell}{2\pi(R-r_0)}\right]}. \qquad (4.9)$$

Ординаты кривой депрессии по линии водораздела между скважинами

$$h_x = \frac{0{,}008H}{\sqrt[3]{\left(\frac{Q}{k x \ 2b}\right)^2}}. \qquad (4.10)$$

В формулах (4.6) – (4.10) приняты обозначения:

H – мощность дренируемых пород, м;

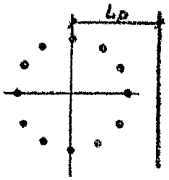
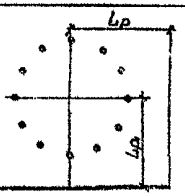
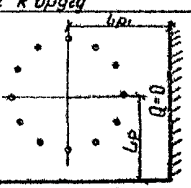
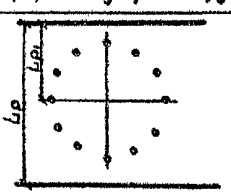
Расчетная схема	Расчетная формула
 Водоносный слой, ограниченный одной линейной границей области питания	$R = 2L_p$
 Водоносный слой, ограниченный двумя линейными границами области питания, перпендикулярными друг к другу	$R=\frac{2L_pL_{p_1}}{\sqrt{L_p^2+L_{p_1}^2}}$
 Водоносный слой, ограниченный линейной водонепроницаемой границей и линейной границей области питания, перпендикулярными друг другу	$R=2L_p\sqrt{\frac{L_{p_1}^2}{L_p^2}+1}$
 Водоносный слой, ограниченный двумя линейными границами области питания, параллельными друг к другу	$R=\frac{2}{\pi}L_p \sin\frac{\pi L_{p_1}}{L_p}$

Таблица 4.I

для определения радиуса влияния

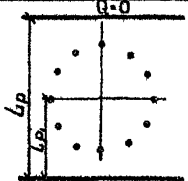
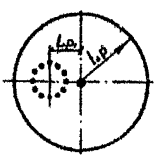
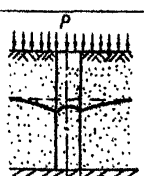
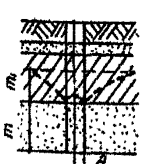
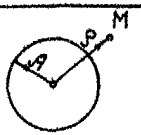
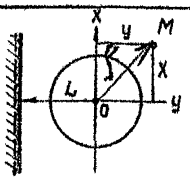
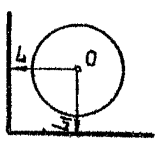
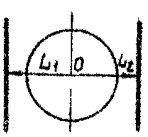
Расчетная схема	Расчетная формула
 Водоносный слой, ограниченный линейной водонепроницаемой границей и параллельной ей линейной границей области питания	$R = \frac{4}{\pi} L_p \operatorname{ctg} \frac{\pi L_{p1}}{2L_p}$
 Водоносный слой, ограниченный круговым контуром зоны питания	$R = L_p - \frac{L^2_{p1}}{L_p}$
 Неограниченный водоносный слой, питание которого происходит путем инфильтрации поверхностных вод интенсивностью P	$R = A + H\sqrt{\frac{K}{2p}}$
 Неограниченный водоносный слой, содержащий напорные воды, питание которого производится путем перетекания воды из вышележащего слоя	$R = A + \sqrt{\frac{Kmm_1}{K_1}}$, где K_1 – коэффициент фильтрации разделяющего слоя

Таблица 4.2

Расчетные зависимости для определения фильтрационных сопротивлений

Схема и условия питания водоносного слоя в плане	Расчетные формулы
1	2
 Неограниченный слой	$\Phi = -\frac{1}{2} Ei\left(-\frac{\rho^2}{4at}\right)$ Для центра системы $\rho = A$; для одиночной скважины $\rho = r_c$
 Слой ограничен прямолинейным контуром питания или непроницаемым контуром	$\Phi = -\frac{1}{2}\left[Ei\left(-\frac{\rho^2}{4at}\right) \pm Ei\left(-\frac{x^2+(y+L)^2}{4at}\right)\right]$ Знак плюс соответствует непроницаемому контуру, знак минус – контуру питания для центра системы $\rho = A$, $x=0$; $y=0$
 Слой ограничен двумя параллельными контурами питания	Для центра системы $\Phi = -\frac{1}{2}\left[Ei\left(-\frac{A^2}{4at}\right) - Ei\left(-\frac{L_1^2}{at}\right) + Ei\left(-\frac{\sqrt{L^2+L_1^2}}{at}\right) - Ei\left(-\frac{L^2}{at}\right)\right]$
 Слой ограничен двумя параллельными контурами питания	Для центра системы $\Phi = -\frac{1}{2}\left[Ei\left(-\frac{A^2}{4at}\right) - Ei\left(-\frac{L_1^2}{at}\right) - Ei\left(-\frac{L_2^2}{at}\right)\right]$

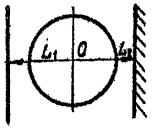
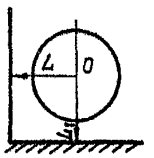
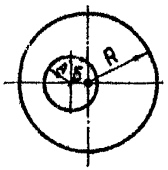
I	2
 Слой ограничен параллельными контурами питания и непроницаемым	Для центра системы $\Phi = -\frac{1}{2}\left[Ei\left(-\frac{A^2}{4at}\right) - Ei\left(-\frac{L_1^2}{at}\right) + Ei\left(-\frac{L_2^2}{at}\right)\right]$
 Слой ограничен перпендикулярными контурами питания и непроницаемым	Для центра системы $\Phi = -\frac{1}{2}\left[Ei\left(-\frac{A^2}{4at}\right) - Ei\left(-\frac{L_1^2}{at}\right) - Ei\left(-\frac{\sqrt{L_1^2 + L_2^2}}{at}\right) - Ei\left(-\frac{L_2^2}{at}\right)\right]$
 Слой ограничен круговым контуром питания	Для центра системы $\Phi = -\frac{1}{2}\left[Ei\left(-\frac{A^2}{4at}\right) - Ei\left(-\frac{L_p^2}{at}\right)\right]$, где $L_p = \frac{R^2 - \delta^2}{R}$

Таблица 4.3

Расчетные зависимости для определения фильтрационных сопротивлений в условиях взаимодействия дрен или систем

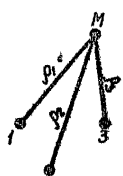
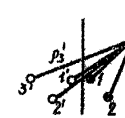
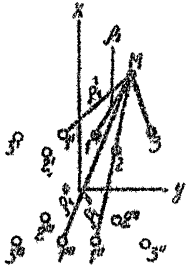
Схема и условия питания водоносного слоя в плане	Расчетные формулы
 Неограниченный слой	$\Phi = -\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i E_i\left(-\frac{\rho_i^2}{4at}\right)$, где $\alpha_i = \frac{Q_i}{Q_{сум}}$ Для равнодебитных скважин $\Phi = -\frac{1}{2} E_i\left(-\frac{\bar{\rho}^2}{4at}\right)$, где $\bar{\rho} = \sqrt[n]{\rho_1 \rho_2 \cdots \rho_n}$; при $\frac{\rho^2_{min}}{4at} < 0{,}1$ $\Phi = \frac{1}{2} \ln \frac{2{,}25at}{\bar{\rho}^2}$
 Слой ограничен прямолинейным контуром питания или непроницаемым контуром	$\Phi = -\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i \left[E_i\left(\frac{\rho_i^2}{4at}\right) \pm E_i\left(\frac{\rho_i'^2}{4at}\right)\right]$ Для функции ($\pm E_i$) знак плюс соответствует непроницаемому контуру, знак минус – контуру питания. Для равнодебитных скважин, когда $\frac{\rho^2_{min}}{4at} < 0{,}1$, при контуре питания $\Phi = \ln \frac{\bar{\rho}}{\bar{\rho}'}$; при непроницаемом контуре $\Phi = \ln \frac{2{,}25at}{\bar{\rho}\,\bar{\rho}'}$, где $\bar{\rho} = \sqrt[n]{\rho_1 \rho_2 \cdots \rho_n}$; $\bar{\rho}' = \sqrt[n]{\rho_1' \rho_2' \cdots \rho_n'}$

Схема и условия питания бесконечного слоя в плане	Расчетные формулы
 Слой ограничен перпендикулярными контурами питания или непроницаемыми контурами	$\Phi=-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\alpha_i\left[\pm Ei\left(-\frac{\rho_i^2}{4at}\right)\pm\left(-\frac{\rho_i'^2}{4at}\right)\pm Ei\left(-\frac{\rho_i''^2}{4at}\right)\pm\right.$ $\left.\pm Ei\left(-\frac{\rho_i'''^2}{4at}\right)\right]$ Знаки функций ($\pm Ei$) для разных схем питания: а) X, Y – контуры питания: + − − + ; б) X, Y – непроницаемые контуры: + + + + ; в) X – контур питания; Y – непроницаемый контур: + − + − . Для равнодебитных скважин: в начальный период откачки $\frac{\rho_{min}^2 a}{4at}>3$ $\Phi=-\frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}Ei\left(-\frac{\rho_i^2}{4at}\right)$; при длительной откачке $\frac{\rho^2 max}{4at}<0{,}1$ для схемы „а" $\Phi=\ln\frac{\bar{\rho}'}{\bar{\rho}'''}$; для схемы „б" $\Phi=2\ln\sqrt{\frac{2{,}25at}{\bar{\rho}\bar{\rho}'\bar{\rho}''\bar{\rho}'''}}$; для схемы „в" $\Phi=\ln\frac{\bar{\rho}'\bar{\rho}'''}{\bar{\rho}\bar{\rho}''}$, где $\bar{\rho}=\sqrt[n]{\rho_1\rho_2\rho_3,\cdots,\rho_n}$, $\bar{\rho}'=\sqrt[n]{\rho_1'\rho_2'\rho_3',\cdots,\rho_n'}$ и т. д.

ℓ – длина скважины, м;

2δ – расстояние между скважинами, м;

$$R' = R - \left(\frac{\pi}{2}\ell - \rho\right);$$

R – радиус действия скважин, м;

r_0 – приведенный радиус карьера, м;

$\rho = 40{,}82\sqrt{H}$ (где H – в сантиметрах);

n – число скважин.

Аналоговое моделирование

4.24. Расчетная гидрогеологическая схема должна рассматриваться как сложная, требующая применения для выполнения гидрогеологических расчетов специальных вычислительных устройств, при сочетании в различных вариантах следующих факторов:

значительной фильтрационной анизотропии;

слоистого строения водоносной толщи;

наклонного залегания водоупорного ложа;

сложной конфигурации области фильтрации;

различных условий на границах области фильтрации;

наличия внутренних источников питания;

несовершенства существующих и закладываемых дрен;

сложной схемы расположения дрен.

4.25. Для моделирования рекомендуется использовать, как правило, сеточные электроинтеграторы УСМ-I, БУСЭ-70 или применять численные методы моделирования на ЭЦВМ.

4.26. В случаях, когда влияние осушения имеет региональное распространение и область фильтрации имеет сложное строение, для оценки эффективности системы осушения на отдельных участках рекомендуется применять метод фрагментов. Для этого вначале решается задача в мелком масштабе в относительно простой постановке, и на полученной таким образом модели выбираются участки, представляющие интерес для детального исследования. Разбивку на фраг-

менты следует производить так, чтобы их границы приближались к линиям равных напоров и линиям токов.

Фрагмент должен содержать основные гидрогеологические особенности, присущие фильтрационной модели в целом.

4.27. Принимаемый при проектировании систем осушения способ моделирования должен соответствовать имеющимся исходным данным о строении области фильтрации, характеру решаемых в проекте гидрогеологических задач и техническим возможностям моделирующих устройств.

Гидрогеологические расчеты противофильтрационных завес

4.28. По схеме расположения завеса может быть совершенной (перекрывающей всю мощность пласта) и несовершенной (частично перекрывающей пласт). Как правило, несовершенные завесы малоэффективны и их применение должно быть обосновано соответствующими гидрогеологическими и технико-экономическими расчетами.

4.29. Общая задача фильтрационных расчетов завес состоит:

в определении эффективности проектируемой противофильтрационной завесы и ее параметров;

в обосновании системы осушения участка горных работ внутри контура завесы.

4.30. Гидрогеологические расчеты фильтрационных завес заключаются в определении:

расхода воды, поступающей в защищаемые выработки;

положения уровней с внешней и внутренней сторон завесы;

толщины завесы.

4.31. Расчеты противофильтрационных завес рекомендуется выполнять в следующем порядке:

произвести оценку размеров защищаемого участка и проектируемой завесы;

Основные зависимости для расчета

Определяемые величины и расчетные условия			Совершенная завеса	
			Линейная	Контурная
1			2	3
Общий приток в карьер	напорный		—	$Q = \frac{2\pi k_1 m (H_e - H_0 - J_0\delta)}{\ln\frac{R_0}{r_0} + \frac{k_1\delta}{k_2 r_2}}$, м³/сут
	безнапорный		—	$Q = \frac{\pi k_1 (h_e^2 - h_0^2 - 2J_0 h_{ср}\delta)}{\ln\frac{R_0}{r_0} + \frac{k_1\delta}{k_2 r_2}}$ м³/сут
Удельный приток через завесу	напорный		$q = \frac{k_1 m (H_e - H_0 - J_0\delta)}{L + \delta(\beta - 1)}$, м³/(сут·м)	—
	безнапорный		$q = \frac{k_1 (h_e^2 - h_0^2 - 2J_0 h_{ср}\delta)}{2[L + \delta(\beta - 1)]}$, м³/(сут·м)	—
Глубина потока на расстоянии x от защищаемой выработки	Внутри завесы	напорный	$H_1 = H_e - \frac{(H_e - H_0 - J_0\delta)(L - x)}{L + \delta(\beta - 1)}$, м	$H_3 = H_0 + \frac{H_e - H_0 - J_0\delta}{\ln\frac{R_0}{r_0} + \frac{k_1\delta}{k_2 r_2}} \ln\frac{r_2}{r_0}$, м
		безнапорный	$h_1 = \sqrt{h_e^2 - \frac{h_e^2 - h_0^2 - 2J_0 h_{ср}\delta}{L + \delta(\beta - 1)}(L - x)}$, м	$h_3 = \sqrt{h_0^2 + \frac{h_e^2 - h_0^2 - 2J_0 h_{ср}\delta}{\ln\frac{R_0}{r_0} + \frac{k_1\delta}{k_2 r_2}} \ln\frac{r_2}{r_0}}$, м
	Вне завесы	напорный	$H_3 = H_0 + \frac{(H_e - H_0 - J_0\delta)x}{L + \delta(\beta - 1)}$, м	$H_1 = H_e - \frac{H_e - H_0 - J_0\delta}{\ln\frac{R_0}{r_0} + \frac{k_1\delta}{k_2 r_2}} \ln\frac{R_0}{r_1}$, м
		безнапорный	$h_3 = \sqrt{h_0^2 + \frac{(h_e^2 - h_0^2 - 2J_0 h_{ср}\delta)x}{L + \delta(\beta - 1)}}$, м	$h_1 = \sqrt{h_e^2 - \frac{h_e^2 - h_0^2 - 2J_0 h_{ср}\delta}{\ln\frac{R_0}{r_0} + \frac{k_1\delta}{k_2 r_2}} \ln\frac{R_0}{r_1}}$, м
Ширина завесы	При допустимых уровнях	напорный	$\delta = \frac{k_2 [\ell(k_1 H_e - 2\sqrt{k_1}) + L(2\sqrt{k_1} - k_1 H_a^2)]}{(k_1 - k_2)(k_1 H_a - 2\sqrt{k_1}) + 0{,}57 k_1\sqrt{k_2}\,\ell}$, м	$\delta = \frac{k_1 r_2 [\ln\frac{R_0}{r_0}(2\sqrt{k_1} - k_1 H_a) + \ln\frac{r_2}{r_0}(k_1 H_e - 2\sqrt{k_1})]}{k_1(k_1 H_a - 2\sqrt{k_1} + 0{,}57\sqrt{k_2}\, r_2 \ln\frac{r_2}{r_0})}$, м
		безнапорный	$\delta = \frac{k_2 [\ell(k_1 h_e^2 - 4) + L(4 - k_1 h_a^2)]}{(k_1 - k_2)(k_1 h_a^2 - 4) + 1{,}13 k_1\sqrt{k_2}\, h_{ср}}$, м	$\delta = \frac{k_2 r_2 [\ln\frac{R_0}{r_0}(4 - k_1 h_a^2) + \ln\frac{r_2}{r_0}(k_1 h_e^2 - 4)]}{k_1(k_1 h_a^2 - 4 + 1{,}13\sqrt{k_2}\, h_{ср} r_2 \ln\frac{r_2}{r_0})}$, м
	При допустимых притоках	напорный	$\delta = \frac{k_2 (k_1 m H_e - 2\sqrt{k_1}\, m - q_a L)}{q_a(k_1 - k_2) + 0{,}57 k_1\sqrt{k_2}\, m}$, м	$\delta = \frac{k_2 r_2 (k_1 m H_e - 2\sqrt{k_1}\, m - r_0 q_a \ln\frac{R_0}{r_0})}{k_1(r_0 q_a + 0{,}57\sqrt{k_2}\, m r_2)}$, м
		безнапорный	$\delta = \frac{k_2 (k_1 h_e^2 - 4 - 2q_a L)}{2q_a(k_1 - k_2) + 1{,}13 k_1\sqrt{k_2}\, h_{ср}}$, м	$\delta = \frac{k_2 r_2 (k_1 h_e^2 - 12{,}5 - 2 r_0 q_a \ln\frac{R_0}{r_0})}{k_1(2 r_0 q_a + 1{,}13\sqrt{k_2}\, r_2 h_{ср})}$, м

Таблица 4.4.

эффективности противофильтрационных завес

Несовершенная завеса	
Не доведенная до водоупора	Незамкнутая
4	5
$Q = \dfrac{2\pi^2 K (H_e - H_0) m}{\ln \dfrac{4 sh(\pi \ln \frac{R_e}{r_0}) sh(\pi \ln \frac{R_0}{r_0})}{\cos^4 \frac{\pi(m - n_s)}{2m}}}$, м³/сут	—
—	$Q = \dfrac{\pi K (h_e^2 - h_0^2)}{\ln \frac{\pi R}{2m} - \frac{\pi R (h_e^2 + h_0^2)}{2m}}$, м³/сут $Q = \dfrac{\pi K (h_e^2 - h_0^2)}{\ln R_e - \ln R_0}$, м³/сут
$q = \dfrac{\pi K_1 (H_e - H_0)}{\ln \dfrac{4 sh \frac{\pi l_1}{m} sh \frac{\pi l_3}{m}}{\cos^4 \frac{\pi(m - n_3)}{2m}}}$, м³/сут	—
$q = \dfrac{\pi K_1 (h_e - h_0)}{\ln \dfrac{4 sh \frac{\pi l_1}{h_{cp}} sh \frac{\pi l_3}{h_{cp}}}{\cos^4 \frac{\pi(h_{cp} - n_3)}{h_{cp}}}}$, м³/сут	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—

	1	2	3
Эффективность завесы	напорный	$\alpha = \frac{q}{q_0} = \frac{L(He - Ho - J_0\delta)}{[L + \delta(\beta-1)](He - Ho)}$	$\alpha = \frac{Q}{Q_0} = \left(1 - \frac{J_0\delta}{He - Ho}\right) \frac{\ln \frac{R_0}{z_0}}{\ln \frac{R_0}{z_0} + \frac{K_1\delta}{K_2 z_0}}$
	безнапорный	$\alpha = \frac{q}{q_0} = \frac{L(He^2 - Ho^2 - 2 J_0 h_{cp}\delta)}{[L + \delta(\beta-1)](He^2 - Ho^2)}$	$\alpha = \frac{Q}{Q_0} = \left(1 - \frac{2 J_0 h_{cp}\delta}{He^2 - Ho^2}\right) \frac{\ln \frac{R_0}{z_0}}{\ln \frac{R_0}{z_0} + \frac{K_1\delta}{K_2 z_0}}$
Условия применения		—	—

Условные обозначения, принятые в формулах

h_e — глубина потока подземных вод на контуре питания, м;

h_o — глубина потока подземных вод на откосе карьера, м;

J_0 — начальный градиент фильтрации, определяемый по данным экспериментальным путем или из эмпирической зависимости $J_0 = \frac{0{,}266}{\sqrt{K_2}}$ на приборе;

h_{cp} — средняя мощность потока, $h_{cp} = \frac{h_e - h_o}{2}$, м;

δ — ширина барражной выработки, м;

K_1 — коэффициент фильтрации водоносного горизонта, м/сут;

K_2 — коэффициент фильтрации заполнителя барражной выработки, м/сут;

$\beta = \frac{K_1}{K_2}$ — отношение коэффициента фильтрации водоносного горизонта к коэффициенту фильтрации заполнителя барражной выработки;

L — расстояние между откосом карьера и контуром питания, м;

m — мощность водоносного горизонта, м;

He — напор воды на контуре питания, м;

H_o — напор воды на откосе карьера, м;

ℓ — расстояние от откоса карьера до внутренней стенки барражной завесы, м;

Продолжение табл.4.4

4	5
—	—
—	—
Формулы справедливы при условиях: $\frac{\ell_3}{h_{cp}} > 1; \frac{\ell_1}{h_{cp}} > 1; \frac{h_{cp}-n_3}{h_{cp}} = 0{,}7 \div 1;$ $\frac{\ell_3}{m} > 1; \frac{\ell_1}{m} > 1; \frac{m-n_3}{m} = 0{,}7 \div 1;$ $\frac{R_0}{r_1} > 1; \frac{r_1}{r_0} > 1; \frac{m-n_3}{m} = 0{,}7 \div 1$	$\mu = \sqrt{\left(\frac{\ell}{L}+1\right)^2 + \left(\frac{a_0}{L}\right)^2} - \sqrt{\left(\frac{\ell}{L}\right)^2 + \left(\frac{a_0}{L}\right)^2}$ $\mu = \frac{1}{\sqrt{\ell_2 + a_0^2}}$

$h_д$ — допустимая глубина безнапорного потока у внутренней стенки завесы, м;

$H_д$ — допустимая глубина напорного потока у внутренней стенки завесы, м;

R_0 — расстояние от центра карьера до контура питания, м;

r_0 — приведенный радиус карьера, м;

r_1 — расстояние от центра карьера до внешней стенки завесы $r_1 = r_2 + \delta$, м;

r_2 — расстояние от центра карьера до внутренней стенки завесы, $r_2 = r_0 + H'(\operatorname{ctg}\lambda_0 + \operatorname{ctg}\frac{90-\varphi}{2})$, м;

H' — глубина карьера, м;

λ_0 — результирующий угол борта карьера, градус;

φ — средний угол внутреннего трения пород, слагающих борт карьера, градус;

ℓ_1 — расстояние от основания откоса карьера до барражной завесы, м;

ℓ_3 — расстояние от завесы до контура питания подземных вод, м;

n_3 — ширина зазора между основанием барражной завесы и водоупором, м;

a_0 — полувина длины незамкнутой барражной завесы, м.

на основе анализа геологических и гидрогеологических условий определить тип завесы;

оценить применимость несовершенных завес;

определить в зависимости от применяемого оборудования и фильтрационных характеристик заполнителя тела завесы моделированием или аналитическим путем ширину (толщину) завесы в соответствии с допустимым притоком;

оценить эффективность завесы по коэффициенту заслона, представляющему отношение удельного притока, поступающего в выработку через завесы, к удельному притоку без завесы;

определить положение уровней внутри завесы и за ее наружной стенкой;

для линейных завес рассчитать величину врезки "плечей" завесы в слабопроницаемые отложения;

рассчитать число водопонижающих скважин, необходимое для осушки статических запасов внутри завесы; в этом случае огражденный завесой участок следует приводить к равновеликому "пласту-кругу".

Основные расчетные зависимости приведены в табл. 4.4.

Достоверность эффекта осушения

4.32. При проектировании следует давать количественную оценку достоверности проектного эффекта осушения и предусматривать инженерные мероприятия, вытекающие из этой оценки.

4.33. В качестве меры предполагаемого отклонения фактического эффекта от проектируемого принимается дисперсия результата гидрогеологического расчета (см. п. 4.7). Гарантированные значения суммарного дебита системы осушения и снижения уровня подземных вод в пределах карьерного или шахтного поля определяются из соотношений

$$Q_{сум} - z\sigma Q_{сум} \leq Q_r \leq \bar{Q}_{сум} + z_p \sigma \bar{Q}_{сум} \qquad (4.11)$$

$$\bar{S} - z_p \sigma \bar{S} \leq S_r \leq \bar{S} + z_p \sigma \bar{S}, \qquad (4.12)$$

где z_p – коэффициент, значение которого приведено в табл.4.5.

Таблица 4.5

P	z_p	P	z_p
0,50	0,65	0,850	I,44
0,65	0,93	0,900	I,64
0,68	I,0	0,950	I,96
0,70	I,03	0,990	2,58
0,75	I,I5	0,997	3,00
0,80	I,28	0,999	3,29

4.34. При выполнении гидрогеологических расчетов аналитическими методами в водоносных горизонтах, приведенных к однородным, относительные величины среднеквадратического отклонения суммарного дебита и понижения $\sigma\bar{Q}_{сум}$ и $\sigma\bar{S}$ в зависимости от условий и режима водопонижения рассчитываются с использованием формул табл. 4.6.

Таблица 4.6

Условия и режим водопонижения	Расчетная формула
I	2
Напорный водоносный горизонт, установившееся движение	$\frac{\sigma\bar{Q}_{сум}}{Q_{сум}} = \frac{\sigma\bar{S}}{S} = \frac{1}{\overline{km}}\sigma\overline{km}$
Напорный водоносный горизонт, неустановившееся движение	$\frac{\sigma Q_{сум}}{Q_{сум}} = \frac{\sigma\bar{S}}{S} = \sqrt{\frac{1}{(\overline{km})^2}\sigma^2\overline{km} + \frac{1}{a^2R^2}\sigma^2 a}$

I	2
Безнапорный водоносный горизонт, установившееся движение	$\frac{\sigma\bar{Q}_{сум}}{Q_{сум}} = \frac{1}{\bar{K}}\sigma\bar{K}$ $\frac{\sigma S}{\bar{S}} = \frac{H+h_0}{2\bar{K}h_0}\sigma\bar{K},\ h_0 = H-\bar{S}$
Безнапорный водоносный горизонт, неустановившееся движение	$\frac{\sigma\bar{S}}{\bar{S}} = \frac{H_2-h_2}{2h^2}\sqrt{\frac{1}{\bar{K}^2}\sigma^2_{\bar{K}} + \frac{1}{\beta^2R^2c\phi^2}\sigma^2_{\beta}}$ $c\phi$ – гидравлическое сопротивление, определяемое в зависимости от строения пласта и условий питания по таблицам 4.2 и 4.3

4.35. При выполнении гидрогеологических расчетов в водоносном горизонте с закономерным изменением фильтрационных свойств или в кусочно-однородном водоносном горизонте методами моделирования дисперсию прогноза эффекта осушения следует определять как сумму дисперсий прогноза в каждом из выделенных участков по формуле

$$\sigma Q_{сум.} = \sqrt{\sum_{i=1}^{l}\left(\frac{Q_i}{\overline{km}_i}\right)^2\sigma^2_{\overline{km}}}; \qquad (4.13)$$

$$\sigma\bar{S} = \sqrt{\sum_{i=1}^{l}\left(\frac{\bar{S}_i}{k\omega_i}\right)^2\sigma^2_{\overline{km}}}\ . \qquad (4.14)$$

4.36. При оценке достоверности эффекта осушения напорного водоносного горизонта формулы табл. 4.6 применимы при любых ошибках определения расчетных параметров. Для безнапорных водоносных горизонтов при величине относительной ошибки в определении среднего значения водопроводимости (или коэффициента фильтрации) $\varepsilon_{\bar{K}} > 0{,}25$ ошибку прогнозируемого эффекта осушения следует определять путем расчета на ЭВМ. Программа расчета приведена в приложении I.

4.37. При расчете гарантированных значений суммарного дебита и понижения уровня подземных вод в заданных точках по форму-

нам (4.II) и (4.I2) значения условной доверительной вероятности P должны приниматься в зависимости от точности определения расчетных параметров. Ориентировочные соотношения приведены в табл.4.7.

Таблица 4.7

Относительная ошибка определения среднего значения водопроводимости $\varepsilon_{\overline{km}}$	Условная доверительная вероятность P
0,I - 0,2	0,68
0,2 - 0,3	0,80
0,3 - 0,5	0,95
> 0,5	0,997

5. ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОСУШЕНИЯ

5.1. Оптимизация системы осушения должна осуществляться в несколько этапов. На первом производится выбор наилучшей технологической схемы осушения, под которой понимается не только условия пространственного размещения дренажных устройств, но и такие параметры как количество скважин и их диаметр, применяемые типоразмеры погружных электронасосов, оптимальные сроки водопонижения в увязке с графиком ведения горных работ. Лучшим считается вариант с наименьшими приведенными затратами на осушение.

5.2. Выбор наилучшей технологической схемы осушения осуществляется путем многовариантного проектирования с применением экономико-математических моделей, разработанных в институте ВИОГЕМ.

5.3. Выбор оптимальной системы осушения, удовлетворяющей условию минимума капитальных затрат, осуществляется путём решения следующих задач:

определения целесообразного времени осушения;

выбора рационального количества и параметров водопонижающих скважин и погружных насосов;

выбора гидрогеологического резерва, соответствующего достоверности имеющихся в распоряжении проектировщиков исходных данных о гидрогеологическом строении месторождения.

5.4. Оптимизация осуществляется в следующей последовательности:

определяется суммарная производительность системы осушения при различном времени достижения требуемого снижения уровня подземных вод;

исходя из требуемого понижения и глубины залегания водоносного горизонта выбираются подходящие типоразмеры погружных

насосов и делается расчет водозахватной способности скважин с тем, чтобы выбранные насосы не имели завышенной производительности по сравнению с гидравлическими характеристиками водоносного горизонта и фильтров скважин;

определяется требуемое количество водопонижающих скважин под каждый выбранный тип насоса исходя из его рабочей характеристики;

определяются объёмы откачки выбранными насосами в зависимости от времени водопонижения;

с помощью экономико-математических моделей определяются затраты на осушение по всем рассматриваемым вариантам по формулам

$$З_б = L\ N_i\ \ C_б\ ;$$
$$З_{отк} = 90\ N_i\ \ t_i\ C_{отк}\ ;$$
$$З_{сум} = З_б + З_{отк}\ , \qquad (5.I)$$

где N_i – количество скважин в i – м варианте;

t_i – продолжительность откачки в i –м варианте, мес;

L – глубина скважин, м;

$C_б$, $C_{отк}$ – стоимость одного метра скважины и одной машино-смены откачки, определенные по экономико-математическим моделям.

К дальнейшей проработке принимается вариант с минимумом суммарных затрат.

5.5. Выбор гидрогеологического разреза, учитывающего возможность отклонения фактических гидрогеологических условий от принятых в проекте, осуществляется на основе оценки достоверности проектируемого эффекта осушения (см. раздел 4) исходя из "худшей" границы гарантированных значений суммарного дебита и

понижения уровня в заданных точках.

5.6. Гидрогеологический резерв принимается непосредственно из соотношения

$$m = \frac{Q_r - \bar{Q}}{\bar{Q}_o} \qquad (5.2)$$

или в процентах от основного количества скважин по формулам

$$\bar{m} = \frac{Q_r - \bar{Q}}{\bar{Q}} 100 \quad \text{или} \quad \bar{m} = \frac{S_r - \bar{S}}{\bar{S}} 100. \qquad (5.3)$$

Формулы (5.2) и (5.3) , принимая во внимание табл. 4.4, учитывают как степень сложности гидрогеологических условий, так и достоверность основных гидрогеологических параметров месторождения.

5.7. Дальнейшая оптимизация систем осушения осуществляется с учетом их эксплуатационной надежности.

При составлении проектов защиты горных предприятий от подземных вод, включающих системы водопонижающих скважин или других дренажных устройств, требующих эксплуатационного обслуживания, надлежит оценивать качество функционирования проектируемых систем.

5.8. Оценка качества функционирования систем защиты горных предприятий от подземных вод должна основываться на показателях надежности дренажных устройств, полученных по результатам их эксплуатации на предыдущих этапах освоения месторождения.

В том случае, если составляется проект защиты от подземных вод вновь осваиваемого месторождения, надежностные характеристики дренажных устройств должны приниматься по аналогии с действующими горными предприятиями со сходными условиями эксплуатации.

5.9. При оценке качества функционирования систем защиты от подземных вод следует определять следующие показатели:

среднее количество дренажных устройств, находящихся в исправном состоянии;

среднее количество дренажных устройств, ремонтирующихся и ожидающих ремонта;

количество и коэффициент использования технических средств, а также состав и показатели загрузки ремонтного персонала для эксплуатационного обслуживания системы.

5.10. При расчете эксплуатационных показателей системы следует применять имитационные модели технологического процесса осушения. Аналитические методы расчета приведены в приложении 2.

5.11. В качестве показателя оптимальности соотношения основных и резервных дренажных устройств должна приниматься величина коэффициента готовности системы

$$K_г = 1 - K_{п.с}, \qquad (5.4)$$

которая должна быть больше или равна 0,9.

5.12. Количество резервных насосов $\frac{1}{2}$ должно приниматься в проекте таким, чтобы вероятность отсутствия исправного насоса на складе была не более 0,05. При расчетах следует пользоваться таблицами, приведенными в приложении 2.

5.13. Определение показателей функционирования систем осушения, состоящих из очень большого числа скважин (70–100 шт.), следует производить путём моделирования на ЭВМ с использованием алгоритмов и программ, разработанных в институте ВИОГЕМ.

Блок-схема моделирующего алгоритма и программа расчета приведены в приложении 2.

6. КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СООРУЖЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ УСТРОЙСТВ

Выбор способа бурения скважин

6.1. При проектировании водопонижающих систем выбор

способа бурения скважин надлежит производить в зависимости от конкретных гидрогеологических условий, глубины и диаметра скважин в соответствии с данными табл. 6.I.

Таблица 6.I

Способ бурения	Рациональная область применения
1	2
Вращательный с промывкой глинистым раствором (роторный)	Скважины в благоприятных гидрогеологических условиях: на водоносные горизонты, ранее хорошо изученные и надежно опробованные; с учетом снижения дебита скважин в результате кольматации пород глинистым раствором
Вращательный с промывкой водой или продувкой воздухом (роторный)	В устойчивых скальных породах, в многолетнемерзлых породах, необводненных, трещиноватых и закарстованных породах
Вращательный с обратной промывкой (роторный)	Скважины глубиной до 300 м, диаметром до 1000 мм и более в породах без включения валунов и большого количества крупной гальки при глубине залегания уровня подземных вод 5 м и более от поверхности земли
Ударно-канатный	Скважины в рыхлых крупнообломочных породах глубиной до 100-150 м (в скальных породах допускается на глубину более 150 м); на самонапорные водоносные горизонты и содержащие прослойки глин; в районах, где затруднительно организовать водоснабжение для промывки скважины в процессе бурения
Комбинированный (ударно-канатный и роторный)	Скважины в рыхлых породах глубиной более 150 м в сложных гидрогеологических условиях; ударным - в водоносных породах и при частом чередовании водоносных и водонепроницаемых слоев; роторным - до водоносного горизонта, намечаемого к эксплуатации
Реактивно-турбинный	Скважины диаметром более 500 мм, глубиной - не менее 200 м

Примечания: I. Для проходки глинистых безводных слоев, залегающих на небольшой глубине, допускается применение шнекового бурения.

2. Глина и вода, используемые при бурении, должны удовлетворять санитарным требованиям.

6.2. При проектировании бурения скважин в неустойчивых, трещиноватых породах, плывунах, а также в сланцах, аповролитах и аргеллитах надлежит предусматривать применение специальных промывочных растворов (со снижением удельным весом, с высокими значениями вязкости и статического напряжения сдвига).

6.3. При бурении скважин с промывкой в набухающих породах следует применять специальные реагенты, препятствующие набуханию.

6.4. При роторном способе бурения рыхлых неустойчивых пород с обратной промывкой забоя водой необходимо предусматривать возможность создания избыточного гидростатического давления в скважине 0,03 $м/м^2$.

6.5. Наиболее рациональные значения осевых нагрузок (удельные нагрузки в килограммах на 1 см долота) при бурении отечественными шарошечными и лопастными долотами в породах различных категорий буримости надлежит принимать по табл.6.2.

Таблица 6.2

Типы долот	Категории буримости				
	I-II	III	IУ-У	УI-УП	УШ-IX
Лопастные долота:					
двухлопастные	60-70	60-75	-	-	-
трехлопастные	70-80	80-90	-	-	-
Пикобуры	45-55	55-65	75-95	-	-
Долота трехшарошечные, типа:					
Н	I95	I95	-	-	-
С	-	-	I95-2I0	2I0-230	-
СТ	-	-	-	230-240	-
Т	-	-	-	240-250	250-275
ТК	-	-	-	-	275-300
К(штырячв)	-	-	-	-	300-350

Дренажные скважины, сооружаемые с поверхности

6.6. В конструкциях водопонижающих скважин предусматриваются, как правило, следующие колонны труб: шахтовое направление, кондуктор, технические колонны, фильтровая колонна.

Нижняя часть каждой колонны обсадных труб оборудуется утолщенной трубой длиной 0,4-0,5 м с коническим срезом (башмаком).

6.7. Диаметр бурового наконечника для бурения скважины под фильтровые колонны принимается больше наружного диаметра фильтра, предусмотренного проектом:

для дырчатого, щелевого, сетчатого и каркасно-стержневого фильтров на 50-100 мм;

для фильтра с гравийной обсыпкой и гравийно-кожухового на 200-400 мм.

6.8. Зазор между колонной обсадных труб и стенкой скважины при диаметрах до 700 мм надлежит принимать от 50 до 100 мм, а при диаметрах скважин более 700 мм - от 120 до 150 мм.

6.9. Диаметр эксплуатационной колонны труб в скважинах следует принимать при установке насосов:

с электродвигателем над скважиной - на 50 мм больше номинального диаметра насоса;

с погружным электродвигателем - равным номинальному диаметру насоса при установке его выше фильтров.

6.10. Бурение сквозных фильтров производится на 5 м ниже подошвы штрека, в который предусмотрен прием воды, забой сквозного фильтра должен быть расположен в 3-5 м от оси дренажного штрека и подсекаться специальной выработкой. При бурении сквозных фильтров следует предусматривать мероприятия по уменьшению

искривления скважин и замеру искривлений. Приемная часть сквозного фильтра оборудуется специальным водовыпуском с задвижкой.

6.II. Конструкция разгрузочной скважины должна исключать возможность обводнения пластов, залегающих выше водоносного горизонта, фильтровые колонны в разгрузочных скважинах, как правило, не устанавливаются. Устье скважины оборудуется водовыпускной задвижкой и манометром.

6.I2. Конструкция поглощающей скважины должна исключать возможность поглощения воды в водоносные пласты, расположенные между дренируемым и поглощающим горизонтом.

6.I3. Бурение контрольно-разведочных скважин производится с полным или поинтервальным отбором керна. В случае использования контрольно-разведочных скважин в качестве наблюдательных предусматривается оборудование их устьев оголовками с крышами.

6.I4. Конструкция наблюдательных скважин должна предусматривать надежную изоляцию наблюдаемого водоносного горизонта от остальных. Устья наблюдательных скважин оборудуются оголовками с запирающимися крышками.

6.I5. Диаметр фильтровой колонны наблюдательных скважин принимается не менее 89 мм с учётом производства в них замеров уровня и температуры воды, отбора проб воды на химанализ и в случае необходимости - выполнения ремонтных работ.

Дренажные скважины в подземных выработках

6.I6. Нижняя часть фильтровой колонны или кондуктора восстающих и горизонтальных скважин должна выходить из устья скважины в горную выработку не менее чем на I00 мм. Устье скважины оборудуется водовыпуском, задвижкой и манометром.

6.17. Кондуктор в скважине цементируется на всю его длину. Остальные обсадные колонны закрепляются на устье.

6.18. Забивные фильтры в горизонтальных и наклонных выработках надлежит предусматривать длиной от 3 до 15 м. При этом рабочая часть забивного фильтра должна быть не менее 500 мм и расположена у подошвы водоносного пласта.

6.19. Бурение забивных фильтров при напорах до 0,15 МПа надлежит производить одним диаметром на всю длину, а при напорах воды более 0,15 МПа - несколькими диаметрами с применением превенторов и последующей обсадкой трубами.

6.20. При разработке конструкций водопонижающих скважин и колодцев, сооружаемых в горных выработках, длина звеньев обсадных труб в случае необходимости крепления скважин принимается в зависимости от габаритов горной выработки.

6.21. Водопонижающие скважины и колодцы располагаются в специальных камерах. В отдельных случаях допускается расположение их непосредственно в горных выработках.

Выбор типа, конструкции и размеров фильтра

6.22. Фильтр в водоносном пласте надлежит устанавливать:

в породах с однородными фильтрационными свойствами - в подошве пласта;

в породах с неоднородными фильтрационными свойствами - в наиболее водопроницаемых зонах с максимальным увеличением длины фильтра.

При мощности пласта до 10 м длина фильтра водопонижающих скважин принимается равной мощности пласта.

Водопропускная способность фильтра должна быть на 15-20% выше ожидаемого притока из водоносного пласта.

Длина фильтра для наблюдательных скважин принимается:

для маломощных пластов равной их мощности;

в пластах большой мощности - не менее 3-5 м.

6.23. Выбор конструкций фильтров для скважин системы осушения следует производить в соответствии с рекомендациями табл.6.3.

Таблица 6.3

Характеристика пород, слагающих водоносный горизонт	Тип и конструкция фильтров	Размер проходных отверстий или тип сеток
I	2	3
Скальные и полускальные устойчивые породы	Установка фильтров не требуется	
Полускальные, неустойчивые породы, щебенистые и галечниковые породы с преобладающей крупностью частиц щебня и гальки от 10 до 100 мм (число таких частиц более 50%)	Трубчатые фильтры с круглой и щелевой перфорацией. Каркасно-стержневые фильтры без проволочной обмотки	Круглые отверстия диаметром 10-25 мм, щелевые отверстия шириной 100-200 мм. Размер щелей каркасно-стержневых фильтров 150х200 мм
Гравий, пески крупные, гравелистый песок с частицами крупностью от 1 до 10 мм и с преобладанием частиц крупностью от 2 до 5 мм (число таких частиц 50%)	Трубчатые фильтры с круглой перфорацией, щелевые фильтры с проволочной обмоткой из нержавеющей стали	Диаметр отверстия 5-10 мм, ширина щелей 2,5-5 мм, длина 50-200 мм
Пески крупные с преобладанием частиц размером 1-2 мм (число таких частиц более 50%)	Щелевые фильтры всех типов: из просечного листа с сетками на трубчатых каркасах, с обмоткой из просечного листа	Ширина щели 1,25-3 мм, просечной лист из нержавеющей стали толщиной 0,8 мм с отверстиями 1,5-2 мм

Продолжение табл. 6.3

I	2	3
		Сетка с ячейками размером от 1x1 до 2x2 мм. Расстояние между витками проволочной обмотки 1,5–2 мм
Пески средние с преобладанием частиц от 0,25 до 0,5 мм (число таких частиц более 50%)	Гравийные фильтры с однослойной обсыпкой с различными опорными каркасами, каркасно-стержневыми, проволочными, щелевыми, сетчатыми с сеткой гакунного плетения. фильтры из синтетических материалов, обсыпные фильтры с обсыпкой в уширенном контуре прифильтровой зоны	Ширина щелей на каркасно-стержневых и щелевых фильтрах выбирается в зависимости от преобладающей крупности частиц обсыпки. Сетки от № 6/70 до 10/70, отверстия на каркасах под сетку диаметром 15–20 мм. Расстояние между витками проволоки 1–2 мм
Пески мелкие с преобладанием частиц крупностью 0,1–0,25 мм (число таких частиц более 50%)	Гравийные фильтры с двухслойной песчаной или песчано-гравийной обсыпкой, с опорными каркасами стержневыми, щелевыми, сетчатыми. Кожуховые фильтры с песчано-гравийным заполнением. Фильтры из синтетических материалов. Фильтры с обсыпкой в уширенном контуре прифильтровой зоны	Ширина отверстий в зависимости от преобладающей крупности обсыпки. Сетка от № 6/70 до 10/70, на опорных каркасах под сетку отверстия диаметром 15–20 мм или щели шириной 7–10 мм, длиной до 100 мм

6.24. При установке фильтров в скважины, пробуренные в рыхлых породах, вокруг рабочей части фильтра делается обсыпка из отсортированного и промытого песчано-гравийного материала, который не должен содержать частицы диаметром менее 0,5 и более 7 мм.

Состав отсыпки подбирается из условия

$$5 \leq \frac{D_{50}}{d_{50}} \leq 10. \qquad (6.1)$$

Толщина обсыпки фильтров из просечного листа, проволочной обмотки, щелевых и дырчатых фильтров должна быть не менее 60 мм.

6.25. Скважность трубчатых фильтров с круглой или щелевой перфорацией должна быть 20-25%, фильтров из проволочной обмотки или штампованного стального листа - не более 30-60%.

Конструкции и крепление скважин

6.26. Конструкции всех типов дренажных скважин разрабатываются с учетом:

геологического строения и гидрогеологических условий участка производства буровых работ;

глубины скважины;

типа фильтра и диаметра фильтровой колонны;

типа и размеров принятого водоподъемного устройства;

способа бурения и крепления;

химического состава воды как намечаемого к эксплуатации водоносного горизонта, так и промежуточных (перекрываемых) горизонтов.

6.27. Эксплуатационный диаметр скважины следует принимать в зависимости от типа водоподъёмного устройства и глубины его погружения.

Примечание. За эксплуатационный диаметр скважины принимается внутренний диаметр колонны труб, в которую устанавливается насос.

6.28. Для крепления скважин глубиной до 150 м при роторном бурении и глубиной до 70 м при колонковом способе допускается применение неметаллических труб с обязательной зарубной цементацией. Для скважин большей глубины применение неметаллических труб должно быть обосновано техническими и экономическими расчетами.

6.29. Колонны обсадных труб для временного закрепления стенок скважины должны извлекаться.

6.30. Расчет гладких обсадных колонн на избыточное наружное давление надлежит производить по критическому давлению, при котором напряжение в теле трубы достигает предела текучести, по формуле Г.М.Саркисова, рекомендованной секцией по расчетам обсадных труб Госкомитета Совета Министров СССР по науке и технике.

При этом коэффициенты запаса прочности надлежит принимать:

для труб диаметром до 720 мм - 1,15;

для труб диаметром 720-1420 мм - 1,2;

для труб свыше 1420 мм - 1,5.

6.31. Расчет обсадных труб, усиленных кольцевыми ребрами жесткости, на устойчивость к внешнему равномерному давлению, нормальному к боковой поверхности, надлежит производить по формулам главы СНиП "Стальные конструкции" как для замкнутых круговых цилиндрических оболочек.

6.32. Расчет труб на внутреннее давление надлежит производить по формуле Барлоу. Коэффициент запаса прочности при расчете на внутреннее давление принимается 1,3-1,5.

6.33. Допустимая высота незаполнения h (опорожнения) обсадной колонны в процессе спуска при четырехкратном запасе прочности определяется по формуле

$$h = 2{,}5\frac{P_{см}}{\rho_{ж}},$$

где $P_{см}$ – расчетное смягающее давление для выбранных обсадных труб, Па;

$\rho_ж$ – плотность бурового раствора в скважине, кг/м^3.

6.34. Для крепления искривленных участков ствола скважины прочностные показатели обсадных труб на смятие и внутреннее давление должны быть рассчитаны по четвертой теории прочности с учетом тангенциальных и осевых напряжений. Последние рассчитывают как сумму напряжений от веса и изгиба колонны.

6.35. Высота подъема цементного раствора в затрубном пространстве принимается:

для кондуктора (шахтового направления) – до устья;

для промежуточных и эксплуатационных колонн – в зависимости от необходимости изоляции вышележащих водоносных горизонтов, обеспечения расчетной несущей способности путем создания высокопрочных составных крепей.

6.36. Оценку качества цементирования скважин необходимо предусматривать с помощью комплекса геофизических исследований (термометрия, радиоактивный и акустический методы).

Освоение и опробование скважин

6.37. По окончании оборудования водопонижающих скважин фильтрами в зависимости от конкретных условий бурения следует предусматривать работы по освоению гидромеханическими (затрубная промывка, свабирование, прокачка эрлифтом, промывка фильтра гидравлическим ершом), физическими (взрыв торпеды из детонирующего шнура, способ изоляции), химическими (кислотная обработка призабойной зоны пласта и поверхности фильтра)

методами с целью возбуждения притока воды к скважинам.

6.38. Затрубная промывка предусматривается для разглинизации прифильтровой зоны в мелко- и среднезернистых песках.

6.39. Свабирование и желонирование (тартание) надлежит предусматривать для восстановления водоотдачи слабонапорных водоносных горизонтов, а также при отсутствии достаточного количества воды для промывки или недостаточной глубины скважины для монтажа эрлифта и т.д.

6.40. Прокачку скважины эрлифтом (строительную откачку) необходимо предусматривать для разглинизации напорных водоносных горизонтов.

6.41. Промывку скважины через рабочую поверхность фильтра следует предусматривать для восстановления водоотдачи в крупнозернистых песках.

6.42. Гидравлический разрыв пласта рекомендуется применять в породах любого литологического состава. В качестве жидкости разрыва в водопонижающих скважинах применяется вода и водные растворы соляной кислоты, а также соляная кислота повышенной вязкости. В качестве расклинивающего материала для заполнения трещин используется кварцевый песок.

6.43. Для химической разглинизации прифильтровой зоны и поверхности фильтра следует применять кислотную обработку. В качестве химических реагентов используется соляная, серная, уксусная кислоты и сульфаминовая кислота. Выбор реагентов необходимо производить в соответствии с литологическим составом и физико-химическими свойствами пород, слагающих водоносный горизонт.

6.44. Ликвидационному тампонированию подлежат скважины всех типов, выполнившие свое назначение, а также скважины, бурение которых прекращено по техническим или другим причинам.

7. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

7.1. Осушение месторождений может вызвать:

снижение уровней подземных вод на территории шахтного (карьерного) поля и за его пределами с образованием депрессионной воронки, охватывающей значительные площади;

изменение условий питания, движения и разгрузки подземных вод, что может привести к интенсивному взаимодействию дренажных систем с водозаборами, выводу из строя неглубоких водозаборных скважин и т.д.;

нарушение режима малых водопритоков и водоемов в случае наличия их гидравлической связи с осушаемыми водоносными горизонтами;

уменьшение естественных запасов подземных вод;

ухудшение химического состава откачиваемых вод в связи с подсосыванием высокоминерализованных вод снизу или со стороны.

7.2. Влияние осушения на природную обстановку должно прогнозироваться в проекте осушения. В случае выявления отрицательных последствий результаты прогноза должны представляться заказчику и в инстанцию, утвердившую задание на проектирование для принятия решения о разработке мероприятий по их компенсации.

7.3. Подземные воды осушаемых водоносных горизонтов могут быть использованы:

для хозяйственно-питьевого водоснабжения (при условии надлежащего качества вод);

для технических целей (водоснабжения обогатительных фабрик, полива сельскохозяйственных угодий, устройства рыбных прудов и т.д.);

для обратной закачки в осушаемые водоносные горизонты на некотором расстоянии от осваиваемого месторождения, определяемом специальными расчетами;

для закачки в другие водоносные горизонты, используемые для водоснабжения или предполагаемые к использованию.

Необходимость разработки соответствующих мероприятий в составе проекта осушения, перечень и объем решаемых при этом вопросов определяются техническим заданием на проектирование.

7.4. При откачке высокоминерализованных или содержащих вредные примеси дренажных вод в проекте должны быть предусмотрены мероприятия, согласованные с заказчиком и геологической и санитарно-эпидемиологической службой, по предотвращению загрязнения ими окружающей среды при производстве работ по сооружению системы осушения. Удаление дренажных вод за пределы горных работ в процессе эксплуатации системы осушения решается специальным проектом.

7.5. Состав потребителей дренажной воды, требования к дренажной воде в отношении ее качества и используемого количества должны быть указаны в задании на проектирование осушения месторождения и подтверждены в акте выбора площадки горнорудного предприятия.

7.6. При проектировании осушения месторождений полезных ископаемых необходимо в соответствии с указанием Минчермета СССР требовать от геологических организаций исходные гидрогеологические данные, на основе которых рассматривать возможность и целесообразность использования дренажных вод для водоснабжения применительно к проектируемой системе осушения с разработкой предложений по изучению и утверждению запасов этих вод.

8. ПРОГНОЗ ОСАДКИ ПОРОД ПРИ ОСУШЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

8.1. Снижение уровня подземных вод на большую величину вызывает резкое изменение гидрогеологической обстановки в массиве горных пород. В результате этого при наличии в геологическом разрезе глинистых пород происходит:

перераспределение напряжения в зоне развития депрессионной воронки вследствие снятия эффекта гидростатического взвешивания в пластах;

повышение плотности пород в результате депрессионного уплотнения, что оказывает существенное влияние на их прочность и влажность;

механическая и химическая суффозия, а также диффузионное выщелачивание пород, в результате которых образуются пустоты, ослабляются структурные связи и уменьшается сопротивление сдвигу и сжатию.

8.2. Снижение прочностных характеристик пород приводит к вертикальной и горизонтальной деформации массива, проявляющейся в проседании дневной поверхности с амплитудой, достигающей нескольких метров. Деформация массива пород вызывает разрушение крепи шахтных стволов и оказывает отрицательное воздействие на поверхностные сооружения.

8.3. Расчет осадки территории и оснований сооружений при ожидаемом понижении уровня грунтовых вод производится по формуле

$$\ell = \beta \frac{\gamma_{cm} S}{E} , \qquad (8.1)$$

где ℓ – осадка горных пород, м;

$\gamma_в$ – удельный вес воды, $Н/м^3$;

E – средний модуль деформации пород в пределах глубины понижения уровня подземных вод, Па;

S – величина понижения уровня подземных вод, м;

β – коэффициент бокового давления, определяемый по формуле

$$\beta = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{1-\nu}; \qquad (8.2)$$

ν – коэффициент Пуассона породы.

8.4. Осадки горных пород многослойной толщи определяются суммированием значений осадок, вычисленных для каждого слоя в отдельности по формуле (8.I).

8.5. В сложных случаях осадки толщи горных пород допускается определять с помощью моделирования.

9. ВОДООТЛИВ И ВОДООТВОДЫ

Карьерный водоотлив

9.I. Приток воды в карьер определяется как сумма подземного и поверхностного стоков.

9.2. Нормальный поверхностный сток определяется как среднегодовой суточный объем дождевого притока воды в карьер по формуле

$$W_д = 1000 H_д F, \qquad (9.I)$$

где $W_д$ – дождевой сток, $м^3$/сут;

H – среднесуточное количество осадков за год по данным местной метеорологической станции или для ориентировочных расчетов по СНиП "Строительная климатология и геофизика", мм;

λ – коэффициент стока, принимаемый по данным наблюдений или по аналогии;

F – площадь карьера в границах нагорных канав, км^2.

Производительность карьерного водоотлива для откачки нормального притока воды в карьер определяется по формуле

$$Q_н = \frac{W_{под} + W_g}{20}, \qquad (9.2)$$

где $Q_н$ – нормальная производительность насосной станции, м^3/ч;

$W_{под}$ – расход подземных вод, поступающих в карьер, м^3/сут;

W_g – нормальный поверхностный сток, м^3/сут.

9.3. Ливневый приток в карьер следует рассчитывать для ливней обеспеченностью от I до I0% в зависимости от срока эксплуатации, размеров карьера и типа горного оборудования.

9.4. Приток за ливень принятой обеспеченности определяется в соответствии с главой СНиП по проектированию канализации, наружных сетей и сооружений.

9.5. Производительность водоотлива с учетом необходимости откачки ливневых вод определяется по формуле

$$Q_{лив} = \frac{W_л - W_{ак}}{C + 1}, \qquad (9.3)$$

где $Q_{лив}$ – производительность ливневого водоотлива, м^3/ч;

$W_л$ – объем атмосферных осадков за ливень, поступающих в карьер, м^3;

$W_{ак}$ – объем атмосферных осадков, аккумулируемых на дне и на уступах карьера, м^3;

C – допускаемый срок подтопления карьера, ч.

9.6. При проектировании водоотлива с учетом откачки ливневых притоков принимается во внимание:

наличие свободных емкостей на дне карьера, заполнение которых не вызывает остановки работ;

допустимость простоя в работе карьера из-за эвакуации или подтопления оборудования во время ливня;

возможность временного подтопления карьера при данном литологическом строении уступов и дна карьера.

Примечание. Первые два пункта определяются проектной организацией, разрабатывающей технологию производства горных работ в карьере.

9.7. Станции открытого карьерного водоотлива могут быть стационарными, передвижными (на салазках или тележках) и плавучими. Их целесообразно располагать на самых низких отметках карьера или его участков.

9.8. Водоотливная насосная установка должна состоять, как правило, из однотипных насосов.

9.9. Для осветления воды и очистки ее от механических примесей в случае необходимости могут быть предусмотрены отстойники.

9.10. Насосные станции должны быть защищены от повреждений при производстве буровзрывных работ и от влияния климатических факторов.

9.11. Количество ставов труб водоотливных установок должно определяться проектом с учетом необходимости откачки нормальных притоков подземных вод и ливневого стока.

9.12. Для удаления воды из карьера могут быть использованы насосные станции дренажных шахт или подземные водоотливные комплексы.

Шахтный водоотлив

9.13. Для откачки воды из дренажных подземных выработок на поверхность предусматривается устройство, как правило, одной центральной насосной станции. При невозможности или нецелесообразности сбора воды в одном пункте проектируются две или несколько насосных станций.

9.14. Насосные агрегаты шахтного водоотлива размещаются в специальных подземных камерах. В некоторых случаях для шахтного водоотлива целесообразно использовать погружные насосы, устанавливаемые в стволах или в специальных скважинах, пробуренных на водосборные выработки. Допускается устройство бескамерного водоотлива. Комплекс водоотливных выработок и устройств обычно располагается вблизи ствола.

9.15. Для водоотлива следует предусматривать заглубленные и незаглубленные насосные станции. В заглубленных станциях откачка воды из самой камеры производится специальными насосами.

9.16. Постоянная насосная станция и околоствольный двор должны защищаться от возможного затопления со стороны дренажных выработок водонепроницаемой перемычкой с дверью, рассчитанной на максимально возможное гидростатическое давление воды при затоплении дренажных выработок, а со стороны водосборников для заглубленных насосных станций – глухой перемычкой с трубами, поступление через которые воды в коллектор может регулироваться задвижкой.

9.17. Каждая насосная камера должна иметь не менее двух выходов: один из них, герметически закрываемый, в околоствольный двор, второй – через ходок, который выводится в ствол на высоте не ниже 7 м от уровня пола незаглубленной насосной и не ниже 7,5 м для заглубленной.

9.I8. В камере главного водоотлива должны предусматриваться пути или устройства для транспортировки, монтажа и демонтажа оборудования. Рельсовые пути должны быть заглублены заподлицо с полом. Для разворота вагонеток следует устраивать поворотные плиты.

9.I9. Пол камеры должен быть устроен с уклоном в сторону приемных колодцев, откачивающих воду, попавшую в камеру.

9.20. Емкость водосборников центральных насосных станций дренажных шахт рассчитывается на двухчасовой нормальный приток воды.

9.2I. Очистку шахтных вод от механических примесей крупностью более 0,I мм перед поступлением их в водосборник необходимо предусматривать в специальных отстойниках. При больших притоках в шахту допускается очистка водосборных выработок от осадков путем прокладки по ним специальных труб для взмучивания с откачкой шламовых вод специальными насосами или водосборники проектируются незаиливающимися, для чего принимаются соответствующие уклоны.

9.22. При проектировании насосных станций принимаются однотипные насосные агрегаты.

9.23. Главные водоотливные установки дренажных шахт должны состоять не менее чем из трех одинаковых по производительности и напору насосов. Один из них является рабочим, второй – резервным и третий находится в ремонте;

9.24. Производительность рабочих насосов подземных насосных станций дренажных шахт должна обеспечивать в процессе эксплуатации водоотлива откачку нормального суточного притока воды не более чем за 20 часов.

9.25. Для главных насосных станций дренажных шахт с притоком, превышающим производительность выбираемого насоса, количество резервных, а также находящихся в ремонте агрегатов, при-

нимается в соответствии с требованиями Единых правил безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом.

9.26. В участковых и перекачных насосных станциях дренажных шахт при притоках более 50 м^3/ч предусматривается не менее двух насосов, а при более значительных притоках количество насосов обосновывается проектом.

9.27. Зумпфовый проходческий водоотлив предусматривается из двух насосов, расположенных в сопряжении ствола с околоствольным двором или с горизонтальным ходком в заглубленную насосную камеру, с производительностью каждого, превышающей в I,5 раза расчетный приток воды.

9.28. При проектировании водоотливных установок дренажных шахт надлежит руководствоваться также Нормами технологического проектирования горнорудных предприятий с подземным способом разработки , а также требованиями главы СНиП по защите трубопроводов от гидравлических ударов.

В о д о о т в о д ы

9.29. Для решения вопроса о проектировании водоотвода следует использовать следующие исходные данные:

минимальный гарантированный и максимальный расчетный часовой, суточный и годовой расход дренажных вод;

качество дренажных вод (содержание взвешенных частиц, гранулометрический состав и гидравлическая крупность взвеси, химический состав и санитарно-бактериологические анализы);

климатические условия района, инженерно-геологические и гидрогеологические условия по трассам водоотводов;

место сброса дренажных вод (очистные сооружения, канализационная сеть, сброс на рельеф, открытый водоток или водоем), согласованное с заказчиком. В случае сброса дренажных вод на рельеф, в открытый водоток или водоем место сброса, объем и ка-

чество сбрасываемых вод должно быть согласовано с организациями санитарного надзора.

9.30. Отвод воды от дренажных устройств следует осуществлять в зависимости от местных условий, в самотечном режиме по трубопроводам, закрытым или открытым каналам и в напорном режиме по трубопроводам. Глубина заложения труб или толщина теплоизоляции определяется теплотехническими расчетами.

9.31. Гидравлический расчет самотечных трубопроводов или самотечных участков трассы водоотводов, а также определение уклонов, расчетных наполнений и скоростей движения воды в трубах и каналах следует производить в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию канализации, наружных сетей и сооружений.

9.32. При подземной укладке самотечных трубопроводов смотровые колодцы следует проектировать :

в местах присоединения напорных трубопроводов;

в местах изменения направления трассы;

на прямых участках на расстоянии 100 м при диаметрах труб 150-300 мм и через 200 м при диаметрах труб больше 300 мм.

9.33. При укладке напорных трубопроводов или напорных участков трассы водоотводов используются стальные, чугунные и асбестоцементные трубы. Выбор диаметров труб производится на основании технико-экономических расчетов.

Прокладка напорных сетей водоотвода проектируется по нормам главы СНиП по проектированию канализации,наружных сетей и сооружений.

9.34. Проектирование сооружений для очистки дренажных вод от загрязнения производится в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию водоснабжения для воды, используемой для хозяйственно-питьевого водоснабжения; СНиП по проектированию

..анизации. Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами и специальными требованиями - для воды, используемой для технического водоснабжения и других целей, а также сбрасываемой в открытые водотоки.

10. ГОРНЫЕ РАБОТЫ В ДРЕНАЖНЫХ ШАХТАХ

10.1. Выбор оборудования и формы поперечного сечения стволов дренажных шахт производится в соответствии с Нормами технологического проектирования горнорудных предприятий с подземным способом разработки .

10.2. Применение металлических тюбингов для крепления стволов предусматривается в исключительных случаях, когда по горно-техническим условиям использование других видов крепи невозможно.

10.3. Размеры грузовых отделений стволов должны быть рассчитаны на возможность спуска в шахту оборудования, имеющего наибольшие габариты.

10.4. Непосредственно из стволов дренажных шахт можно осуществлять мероприятия по дренажу пересеченных водоносных горизонтов только в тех случаях, когда это не влечет за собой опасности выноса из-за крепи ствола частиц горной массы или выщелачивания прилегающих к стволу горных пород.

10.5. Обмен вагонеток в клетях в околоствольных дворах и на поверхности должен быть, как правило, механизирован. Допускается в отдельных случаях обмен вагонеток в клетях производить вручную при условии, что грузоподъемность вагонетки не превышает 1,0 т при продолжительности проходки выработок по календарному графику до одного года.

10.6. Полезная длина грузовой ветви околоствольного двора принимается равной полуторной длине состава. Длина порожняковой

ветви определяется конструктивно с учетом самокатной откатки.

10.7. Размеры поперечных сечений подземных дренажных выработок и конструкции крепей устанавливаются в соответствии с главной СНиП по проектированию подземных горных выработок.

При выработках значительной протяженности особое внимание следует обращать на возможность размещения вентиляционных труб, необходимых при проходке выработок.

10.8. В горизонтальных дренажных выработках, закрепленных видами крепи, препятствующей свободному выходу воды (например, монолитным бетоном, тюбингами и т.д.), на участках выхода подземных вод надлежит предусматривать меры, обеспечивающие дренаж пород закрепного пространства. Устройство водонепроницаемых крепей в дренажных выработках допускается лишь в исключительных случаях при соответствующем обосновании.

10.9. Виды крепей подземных дренажных выработок на предприятиях с подземным способом разработки должны приниматься, как правило, аналогичными крепям эксплуатационных выработок.

10.10. Крепление водоотводных канавок в подземных дренажных выработках необходимо предусматривать, как правило, сборными лотками.

10.11. Против размыва почвы выработки водой, поступающей из скважин, в камерах водосбросных скважин, сквозных фильтров и восстающих дренажных скважин следует предусматривать сооружение:

трубы или рукава, отводящих воду в канавки;

водобойных колодцев;

каменной наброски;

крепи, устойчивой против размыва почвы и стенок камеры.

10.12. В подземных дренажных выработках следует предусматривать рельсовый транспорт с откаткой грузов в вагонетках с глухим или опрокидным кузовом.

10.13. При электровозной откатке применяются глухие вагонетки с емкостью кузова от 0,7 до 1,2 м^3 и аккумуляторные электровозы со сцепным весом соответственно от 2,0 до 4,5 тонн. Вагонетки с большей емкостью кузова и электровозы с большим сцепным весом допускаются при наличии соответствующего обоснования.

10.14. Коэффициент неравномерности работы подземного транспорта принимается равным 1,25.

10.15. Концы путей при электровозной откатке, как правило, принимают равной 600 мм. Исключение из этого правила допускается только для дренажных выработок шахт и рудников с подземным способом разработки , где приняты другие концы.

10.16. Тип рельсов для устройства путей в дренажных выработках принимается в зависимости от веса локомотива.

10.17. Уклоны рельсовых путей и водоотводных канавок принимаются равными 0,003-0,008; допускается их увеличение до 0,015 и, как исключение (на участках длиной до 100 м) , - до 0,030. Направление уклонов должно быть в сторону главных (центральных)водоотливных установок или водосборных штреков.

10.18. В протяженных дренажных выработках необходимо предусматривать двухпутевые разминовки емкостью на один поезд. Расстояния между разминовками определяются проектом.

10.19. Зарядные станции рассчитываются на максимальное количество электровозов в работе в период строительства дренажных выработок. Для дренажных шахт зарядные станции могут сооружаться на поверхности, если выдача электровозов возможна в клетях.

10.20. При проектировании подземного транспорта необходимо также руководствоваться Нормами технологического проектирования горнорудных предприятий с подземным способом разработки .

10.21. Для проветривания дренажных шахт на карьерах, где добыча полезного ископаемого ведется с применением буровзрывных работ, следует принимать, как правило, нагнетательный способ проветривания. При невозможности применения нагнетательного способа разрешается принимать как исключение всасывающий или комбинированный способы при условии разработки мероприятий, исключающих подсосы из карьера в дренажные выработки вредных газов, образующихся при возникновении пожаров и при производстве буровзрывных работ.

10.22. Дренажные выработки, проходимые из эксплуатационных выработок и рудников с подземным способом разработки, надлежит включать в общую систему проветривания, принятую для рудника с учетом возможности реверсирования общешахтной струи воздуха.

10.23. Подача свежего воздуха в дренажные шахты, опасные по газу и пыли, производится по стволам,у которых располагаются главные (центральные) водоотливные установки. Для дренажных шахт, не опасных по газу и пыли, подачу свежего воздуха можно производить по любым стволам, отдавая предпочтение стволам водоотливным.

10.24. Необходимое количество воздуха для проветривания подземных дренажных выработок и скорость его движения в зависимости от температуры определяются в соответствии с требованиями правил безопасности.

10.25. При определении общего количества воздуха необходимо учитывать потребность в воздухе для проветривания камерных выработок (насосная камера, зарядная, ЦРП и др.). Количество

воздуха для проветривания насосных камер определяется из условия охлаждения электродвигателей насосных агрегатов; потребное количество воздуха принимается для каждого электродвигателя по его характеристике. Общее количество воздуха для проветривания насосных камер определяется из условия одновременной работы рабочих и резервных агрегатов. Разрешается принимать последовательное проветривание насосных камер и дренажных выработок.

10.26. Коэффициент потерь при определении общего количества воздуха принимается при диагональной схеме проветривания – 1,2 а при центральной схеме – 1,3.

10.27. При проектировании вентиляции подземных дренажных выработок необходимо учитывать поступление в шахту воздуха из сквозных фильтров и водосборных скважин. Количество выносимого водой воздуха из отдельной скважины приближенно определяется по формуле

$$Q = 0{,}001q, \qquad (10.1)$$

где Q – количество поступающего из скважины воздуха, м^3/с;

q – расход воды по скважине, м^3/ч.

Если количество воздуха, определенное по приведенной формуле, составляет более 5% от общего количества воздуха, подаваемого в шахту, необходимо предусматривать специальные мероприятия, исключающие поступление в дренажные выработки воздуха из скважин.

10.28. При проектировании вентиляции и борьбы с рудничной пылью в подземных дренажных выработках надлежит также руководствоваться Нормами технологического проектирования горнорудных предприятий с подземным способом разработки .

10.29. В технико-экономических расчетах и в проекте организации строительства дренажных шахт месячную скорость проведения

основных выработок надлежит принимать в соответствии с главой СНиП по проектированию подземных горных выработок, а при специальных способах проходки обосновывать проектом.

10.30. Режим работы по проходке подземных выработок определяется проектом.

10.31. При проектировании буровзрывных работ надлежит руководствоваться указаниями Норм технологического проектирования горнорудных предприятий с подземным способом разработки .

10.32. В породах, по которым проходка дренажных выработок может сопровождаться прорывами воды с выносом большого количества горной массы, необходимо предусматривать установку в выработках через каждые 100-200 м временных перемычек с фильтрующими дверями, рассчитанными на давление, создаваемое столбом горной массы, равным высоте выработки.

10.23. При вскрытии дренажными выработками сквозных фильтров или других скважин должны предусматриваться следующие меры предосторожности против прорыва воды в выработки:

откачка воды из скважин с поддержанием динамического уровня не выше 10 м над кровлей выработки или перекрытие скважин пробками на высоте 5-10 м от кровли выработок;

корректировка трасс дренажных выработок в период проходки в зависимости от фактического расположения скважин;

вскрытие скважин специальными выработками;

определение положения скважин в плане с учетом их искривления с ошибкой относительно вскрывающей выработки не более 0,5 м;

другие меры в зависимости от конкретных условий.

II. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ДРЕНАЖНЫХ ШАХТ

Подъемные установки

II.I. Подъемные установки дренажных шахт рассчитываются исходя из проектных объемов работ при максимальной глубине дренажного горизонта.

II.2. Коэффициент неравномерности работы подъемной установки принимается равным I,5 для последнего проектируемого горизонтом

II.3. Время работы подъема рассчитывается исходя из трехсменной работы шахты при I8 часах загрузки подъема в сутки. Осмотр подъемной машины, сосудов, шкивов и канатов производится между сменами.

II.4. При проектировании подъемных установок дренажных шахт необходимо руководствоваться также указаниями Основных направлений и норм технологического проектирования угольных шахт разрезов и обогатительных фабрик и Нормами технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с подземным способом разработки

Технологический комплекс

II.5. Производительность технологического комплекса дренажной шахты надлежит принимать по максимальной производительности подъемной установки.

II.6. Разрешается предусматривать безбункерную погрузку выдаваемой из шахты породы. Емкость погрузочных устройств технологического комплекса в этом случае принимается равной двойной грузоподъемности принятого типа автомашин.

II.7. Все операции по обмену и разгрузке вагонеток на технологическом комплексе должны быть, как правило, механизированы.

II.8. При проектировании технологического комплекса на поверхности дренажных шахт следует руководствоваться также Нормами технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с подземным способом разработки.

Вентиляторно-калориферные установки

II.9. При проектировании вентиляторных и калориферных установок дренажных шахт следует руководствоваться Основными направлениями и нормами технологического проектирования угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик и Нормами технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с подземным способом разработки.

Воздушно-силовое хозяйство

II.10. При проектировании компрессорных станций число рабочих агрегатов обосновывается проектом. Количество резервных компрессоров принимается равным не менее 25% расчетного количества с округлением до целого числа.

II.11. При проектировании воздушно-силового хозяйства дренажных шахт следует руководствоваться также указаниями Основных направлений и норм технологического проектирования угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик и Нормами технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с подземным способом разработки.

В проект необходимо включать раздел "Противопожарное и техническое водоснабжение дренажных шахт".

I2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ УСТАНОВОК ОСУШЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ. СВЯЗЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

Электроснабжение установок осушения

I2.I. Электроснабжение установок осушения решается проектом в увязке с общей схемой электроснабжения шахты, рудника или карьера.

I2.2. При проектировании электроснабжения установок осушения, кроме настоящей инструкции, необходимо руководствоваться действующими нормами и правилами.

I2.3. Разработку схем электроснабжения установок осушения на период строительства следует производить таким образом, чтобы они могли быть максимально использованы и в период эксплуатации.

I2.4. Определение категории электроприемников установок осушения по степени надежности их питания следует производить в соответствии с табл.I2.I.

Таблица I2.I

Потребитель	Категория	Примечание
I	2	3
Поверхность шахты		
Подъемные установки	I	
Вентилятор главного проветривания шахт негазовых и I категории	I	
Вентилятор главного проветривания для шахт II и III категорий и сверхкатегорных по газу	I	
Насосная станция противопожарная	I	
Котельная	I-III	По заданию технологов

1	2	3
Компрессорная	II	
Техкомплекс	III	
Силовые электроприемники перекачных насосных, насосных водоснабжения, очистных и канализационных сооружений		По заданию технологов
Прочие токоприемники поверхности шахты	III	
Водоотливные и насосные установки на поверхности		
Насосные станции стационарного водоотлива из карьера	I-II	В зависимости от конкретных условий
Передвижные насосные станции карьерного водоотлива	II-III	В зависимости от конкретных условий
Эжекторные и иглофильтровые установки	II-III	"
Водопонижающие скважины	Определяется проектом	
Перекачные насосные станции	По заданию технологов	
Дренажные насосные станции	II-III	В зависимости от конкретных условий
Буровые работы		
Буровые установки	III	
Горные выработки		
Центральная подземная подстанция	I-II	I категория в том случае, если от ЦПП питаются потребители I категории
Насосная главного водоотлива	I	
Участковые насосные станции	II	
Перекачные насосные станции	II	
Камерный водоотлив	II	
Зумпфовый водоотлив	II	
Забойные насосные станции	III	
Буровые установки	III	

I	2	3
Вентиляторы местного проветривания	Ш	
Освещение подземных горных выработок	Ш	

I2.5. Для электроустановок осушения напряжением 380 и 660 В, работающих в карьере, необходимо принимать систему с изолированной нейтралью трансформатора.

I2.6. Для электроустановок осушения напряжением 380 и 660 В, работающих на борту карьера, допускается принимать систему с заземленной нейтралью трансформатора.

I2.7. Для электроснабжения дренажных шахт следует предусматривать не менее двух одноцепных линий электропередач. Каждая линия должна обеспечивать максимальную нагрузку шахты.

I2.8. Питание центральной подземной подстанции (ЦПП) надлежит предусматривать не менее чем по двум кабельным фидерам; при выходе из строя одного из питающих фидеров оставшиеся в работе должны обеспечить I00% нагрузки шахты.

I2.9.По стволам следует проектировать прокладку специальных кабелей, пропитанных нестекущей массой, напряжением 6 кВ и сечением не более I50 мм^2. Минимальное сечение кабелей, прокладываемых по вертикальному стволу, принимается не менее 35 мм^2.

I2.I0. Электроснабжение подземных потребителей при глубине разработки до I00 м допускается осуществлять через скважины. В одной скважине (трубе) проектируется прокладка не более двух кабелей.

I2.II. При производстве буровых работ наименьшее расстояние по горизонтали от скважины до крайнего провода воздушной электролинии должно быть не менее полуторной высоты вышки или мачты буровой установки, применяемой для сооружения этой скважины.

I2.I2. Линии электропередач к водопонижающим скважинам необходимо проектировать с учетом электроснабжения буровых установок.

I2.I3. Для питания силовых и осветительных потребителей электроэнергии на промплощадках дренажных шахт предусматриваются общие трансформаторы с заземленной нейтралью на стороне 380 В.

Для питания с поверхности подстанций потребителей подземных установок дренажных шахт должна предусматриваться установка отдельных трансформаторов с изолированной нейтралью на стороне 380В.

I2.I4. Подстанции 6-I0 кВ при наличии низковольтных потребителей I и II категории выполняются, как правило, двухтрансформаторными. Мощность каждого трансформатора должна быть рассчитана на питание I00% нагрузок I и II категории и 75% от максимальной нагрузки.

Однотрансформаторные подстанции могут применяться при нагрузках III категории, а также при нагрузках II категории при обеспечении достаточно надежного резервирования по перемычкам от соседних подстанций.

I2.I5. При проектировании высоковольтного распределительного устройства поверхностной или центральной подземной подстанции (ЦПП) должна предусматриваться возможность расширения его на I0-20%, но не менее чем на одну ячейку на каждой секции шин.

12.16. В дренажных шахтах от электрической сети должны освещаться:

выработки околоствольных дворов;

электромашинные камеры, подстанции, локомотивные гаражи, склады ВМ;

забои подготовительных выработок;

в дренажных выработках места сопряжения и закруглений выработок , места установки стрелок, съездов , разминовок и дверей;

приемные площадки наклонных выработок;

людские ходки и наклонные выработки с механизированной перевозкой людей;

пункты посадки и выхода людей из поездов и подходы к ни

Освещение указанных выработок должно выполняться в соответствии с нормами освещенности, предусмотренными Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах и Едиными правилами безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом.

Автоматизация установок осушения

12.17. При проектировании автоматизации установок осушения необходимо руководствоваться, кроме настоящей инструкции, действующими нормами и правилами.

12.18. При проектировании на объектах осушения автоматизации, телемеханизации и КИП общепромышленных установок (котельных, компрессорных и т.д.) следует руководствоваться ведомственными указаниями и нормами.

12.19. При проектировании комплекса установок осушения должен быть предусмотрен дистанционный контроль за их работой.

Диспетчерские пункты надлежит располагать в служебных помещениях на промплощадках дренажных шахт, карьеров или в специально построенных помещениях.

Связь и сигнализация

12.20. При проектировании средств связи необходимо руководствоваться, кроме настоящей инструкции, действующими нормами и правилами.

12.21. Для дренажной шахты следует проектировать:

административно-производственную телефонную связь;

внешнюю связь;

связь с диспетчером рудника (карьера);

стволовую связь и сигнализацию;

аварийную сигнализацию в дренажных выработках;

пожарную сигнализацию.

12.22. Телефонная станция административно-производственной связи дренажной шахты, помимо объектов на промышленной площадке, должна обеспечивать связь с основной промплощадкой рудника или карьера, а также с абонентами в подземных выработках согласно Единым правилам безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом и Правилам безопасности в угольных и сланцевых шахтах.

12.23. Телефонная станция административно-производственной связи, аппаратура диспетчеризации и контроля должны размещаться:

при подземном и комбинированном способах осушения - в нижних этажах административных или бытовых зданий на промплощадке дренажной шахты;

при поверхностном способе осушения - в нижних этажах административных или бытовых зданий на промышленной площадке рудника или карьера.

I2.24. Электрической пожарной сигнализацией оборудуются:

компрессорные станции (при работе без персонала);

трансформаторно-масляное хозяйство с аппаратурой, содержащей более 60 кг масла в единице оборудования;

электроподстанции (без постоянного дежурного персонала);

электромашинные помещения (без постоянного дежурного персонала) - вентиляторно-калориферная, аварийная вентиляторная, противопожарная насосная, перекачные насосные станции.

I2.25. В подземных дренажных выработках надлежит предусматривать аварийную сигнализацию, обеспечивающую своевременной выход людей из шахты при возможном затоплении.

```
1    'BEGIN''INTEGER'K;K:=16;'BEGIN''INTEGER'I,J;'REAL'M,T,R,Q,KO
2       A8,A1,K1,S,S1,S2,C,C1,C2,AL,BE,X,Y;
3          'REAL''ARRAY',CK,CA[1:K];P0042(CK,CA);
4       P1041(CK,CA);
5       M:=20:T:=365;R:=500;Q:=30450;
6          KO:=10;AO:=1015;
7    'FOR'J:=1'STEP'1'UNTIL'K'DO'
8    'BEGIN'P1161(AL);P1141(BE);S:=C:=8;
9          'FOR'I:=1'STEP'1'UNTIL'200'DO''BEGIN'R:P1141(AL,X);
10    'IF'X>0'THEN'K1:=X'ELSE''GO TO'R;
11   10:P1141(BE,Y);
12      'IF'Y>B'THEN'A1:=Y'ELSE''GO TO'10;
13   S1:=Q/4/3,141593/(KO+CK[J]*K1)/Mx
14    LN(2,25*(AO+CA[J]*A1)*T/R12);
15       S:=S+S1;C:=C+S112;'END';S2:=S/200;C2:=SQRT(C/200-S212);
16      P1041(CK[J],CA[J],S2,C2);
17      'END';'END'1'END';
```

Приложение 2

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОСУШЕНИЯ

Оценка качества функционирования систем осушения основана на формализации их эксплуатации как процесса массового обслуживания

При построении и реализации аналитических имитационных моделей используются следующие расчетные параметры технологического процесса осушения:

$\Lambda = n\lambda = n\frac{1}{T}$ – интенсивность потока отказов дренажных устройств;

n – количество дренажных устройств;

T – среднее время между отказами;

$\mu = r\frac{1}{\tau}$ – интенсивность восстановления;

τ – среднее время восстановления одной ремонтной бригадой;

r – число ремонтных бригад, обслуживающих систему осушения;

m – количество резервных дренажных устройств;

z – количество погружных электронасосов (или других технических средств), составляющих складской резерв предприятия;

$\alpha = \frac{\Lambda}{\mu}$ – обобщенный параметр надежности системы.

При значении $\alpha \leq 0{,}4$, т.е. для систем, состоящих из небольшого числа дренажных устройств, основные расчетные формулы имеют вид:

среднее число дренажных устройств, ожидающих начала ремонта.

$$V = \sum_{k=m+1}^{n} \frac{(k-m)\,n!\,\alpha^k}{m^{k-m}\,m!\,(n-k)!}\,P_0, \qquad (1)$$

коэффициент простоя основных дренажных устройств

$$K_{nc} = \frac{V}{n}; \qquad (2)$$

среднее число простаивающих резервных скважин

$$m_o = \sum_{k=0}^{m-1} (m-k) P_k \quad ; \tag{3}$$

коэффициент использования резервных скважин

$$K_{u.p} = 1 - \frac{m_o}{m} \tag{4}$$

Величины P_0 и P_K определяются формулами

$$P_o = \left[\sum_{k=0}^{m} \frac{m!}{k!\,(m-k)!} \alpha^k + \sum_{k=m+1}^{n} \frac{n!\,\alpha^k}{m^{k-m} \cdot m!\,(n-k)!} \right] ; \tag{5}$$

$$P_k = \frac{n!\,\alpha^k}{k!\,(n-k)!} P_o \quad ; \qquad 1 \leq k \leq m . \tag{6}$$

Учитывая, что $\sum_{k=0}^{n} \frac{P_k}{P_o}$ равно $\frac{1}{P_o} \sum_{k=0}^{n} P_k$ и $\sum_{k=0}^{n} P_k = 1$, получаем

$$P_o = \frac{1}{\sum_{k=0}^{n} \frac{P_k}{P_o}} \quad . \tag{7}$$

Соотношение (7) позволяет легко определять P_0, не прибегая к вычислениям по формуле (5).

В качестве показателя оптимальности соотношения основных n и резервных m дренажных устройств должна приниматься величина коэффициента готовности системы

$$K_г = 1 - K_{п.с} \quad , \tag{8}$$

которая должна быть $K_г \geq 0{,}9 \div 0{,}85$.

Требуемое значение $K_г$ при проектировании обеспечивается либо путем увеличения числа резервных дренажных устройств, либо путем сокращения времени их восстановления за счет увеличения численности ремонтного персонала. Критерием оптимальности должен быть минимум приведенных затрат на строительство и эксплуатацию системы осушения. Показатели работы систем осушения при различных соотношениях n, m и α приведены в табл. I.

Таблица I

n	α	m	Показатели				
			P_o	V	$K_{n.c}$	m_ω	$K_{n.p}$
I	2	3	4	5	6	7	8
I0	0,I	I	0,2I5	I,35	0,I35	0,2I5	0,2I5
		2	0,37	0,I4	0,0I4	I,I0	0,550
	0,2	I	0,02	4,I0	0,4I0	0,02	0,02
		2	0,I2	0,88	0,088	0,48	0,24
		3	0,I5	0,I6	0,0I6	I,36	0,45
	0,3	I	0,(2)I7	5,67	0,57	–	–
		2	0,(I)34	2,06	0,2I	0,I7	0,08
		3	0,(I)63	0,54	0,05	0,82	0,27
		4	0,(I)65	0,II	0,0I	I,72	0,43
	0,4	I	0,(3)2	6,50	0,65	–	–
		2	0,(2)9	3,20	0,32	0,06	0,03
		3	0,(I)25	I,I0	0,II	0,28	0,09
		4	0,(I)3	0,28	0,03	I,28	0,32
	0,5	I	0,(4)4	7,33	0,73	–	–
		2	0,(2)3	4,05	0,40	–	–
		3	0,(I)I	I,74	0,I7	0,24	0,08
		5	0,(I)I3	0,I2	0,0I	I,94	0,39
	0,I	I	0,(I)36	4,40	0,290	0,036	0,036
		2	0,2	0,60	0,040	0,690	0,35
		3	0,23	0,I0	0,007	I,650	0,55
		4	0,23	0,0I	–	2,590	0,65
	0,2	I	0,(3)I6	9,00	0,60	–	–
		2	0,(I)I8	3,56	0,36	0,092	0,046
		3	0,(I)50	0,97	0,07	0,660	0,220
		4	0,(I)56	0,22	0,0I5	I,580	0,390
		5	0,(I)57	–	–	2,590	0,520

Продолжение табл.I

I	2	3	4	5	6	7	8
I5	0,3	I	0,(5)2	I0,66	0,7I0	–	–
		2	0,(2)I	6,40	0,420	–	–
		3	0,(2)9	2,80	0,I90	0,I8	0,07
		5	0,(I)I5	0,23	0,0I5	I,83	0,37
		6	0,(I)I5	–	–	2,99	0,50
	0,4	I	0,(7)6	II,5	0,77	–	–
		2	0,(4)79	8,0	0,43	–	–
		3	0,(2)I3	4,6	0,3I	0,04	0,0I3
		5	0,(2)48	0,7	0,05	I,I6	0,230
		6	0,(2)42	–	–	2,32	0,390
	0,5	I	0,(8)3	I2,0	0,80	–	–
		2	0,(5)75	9,0	0,60	–	–
		4	0,(3)87	3,3	0,22	0,I3	0,03
		6	0,(2)I6	0,46	0,03	I,66	0,28
		7	0,(2)I3	–	–	2,96	0,58
20	0,I	I	0,(2)I9	9,02	0,450	–	–
		2	0,(I)86	I,80	0,090	0,34	0,I7
		3	0,I4	0,33	0,0I7	I,2I	0,40
		4	0,II	–	–	2,I5	0,54
		5	0,II	–	–	3,II	0,62
	0,2	I	0,(6)3	I4,0	0,70	–	–
		2	0,(3)9	7,60	0,38	–	–
		3	0,(I)II	3,23	0,I6	0,28	0,09
		4	0,(I)2	0,96	0,05	0,89	0,22
		5	0,(I)2	0,24	0,0I	I,92	0,38
	0,3	I	0,(9)4	I5,70	0,780	–	–
		2	0,(5)8	II,33	0,570	–	–
		3	0,(3)4	6,80	0,340	–	–
		5	0,(2)36	I,30	0,060	0,9I	0,I9
		8	0,(2)47	0,30	0,0I5	I,50	0,25

Продолжение табл.I

I	2	3	4	5	6	7	8
		I	0,(II)3	I6,5	0,820	-	-
		2	0,(6)I3	I3,0	0,650	-	-
	0,4	3	0,(4)2	9,5	0,475	-	-
		5	0,(3)5	3,I8	0,I60	0,28	0,06
		7	0,(3)7	0,3	0,0I5	I,58	0,22
		I	0,(I3)6	I7,0	0,85	-	-
		2	0,(8)4	I4,0	0,70	-	-
	0,5	3	0,(6)8	I0,6	0,52	-	-
		5	0,(4)7	5,2	0,26	-	-
		7	0,(3)3	0,39	0,0I9	2,2I	0,32
		I	0,(4)3	I3,75	0,55	0,I2	0,I2
		2	0,(I)38	4,I5	0,I7	0,I7	0,08
	0,I	3	0,(I)6I	I,25	0,05	0,75	0,25
		4	0,(I)87	0,I3	-	I,87	0,47
		5	0,(I)88	-	-	2,85	0,57
		I	0,(9)I3	I6,6	0,66	-	-
		2	0,(4)I5	I2,8	0,5I	-	-
	0,2	4	0,(2)5I	2,9	0,I2	0,35	0,09
		5	0,(2)74	0,9	0,04	I,23	0,25
		6	0,(2)76	-	-	2,44	0,4I
		I	0,(I3)3	I8,6	0,74	-	-
		2	0,(7)I6	I4,9	0,06	-	-
		4	0,(3)I3	7,7	0,30	-	-
	0,3	5	0,(3)53	4,0	0,I6	0,24	0,05
25		6	0,(3)87	I,6	0,07	0,99	0,I7
		7	0,(3)87	0,62	0,025	2,38	0,34
		I	-	20,9	0,83	-	-
		2	0,(I0)7	I5,6	0,62	-	-
	0,4	3	0,(8)7	I3,5	0,54	-	-
		4	0,(5)25	7,5	0,30	-	-
		7	0,(4)I3	2,I	0,08	0,89	0,I3
		9	0,(4)73	0,37	0,0I5	3,60	0,40

Продолжение табл.I

I	2	3	4	5	6	7	8
		2	0,(I2)7	I6,5	0,66	–	–
		4	0,(8)75	I2,2	0,49	–	–
	0,5	6	0,(6)58	6,9	0,28	–	–
		7	0,(5)I5	4,3	0,I7	0,24	0,035
		8	0,(5)23	2,2	0,I0	0,88	0,II0
		II	0,(5)25	0,4	0,0I5	5,30	0,480
		I	0,(6)2	I7,30	0,580	–	–
		2	0,(2)42	8,30	0,280	–	–
	0,I	4	0,(I)48	0,47	0,0I6	I,37	0,34
		5	0,(I)48	0,I0	–	2,4I	0,48
		I	–	I7,5	0,58	–	–
		2	0,(7)9	I6,3	0,54	–	–
	0,2	3	0,(4)49	I2,0	0,40	–	–
		5	0,(2)23	2,53	0,08	0,56	0,II
		7	0,(2)23	0,20	0,007	3,07	0,44
		2	0,(I0)I2	I8,4	0,6I	–	–
		3	0,(7)38	I7,0	0,57	–	–
30	0,3	5	0,(4)38	8,4	0,28	0,03	–
		7	0,(3)22	2,04	0,07	I,06	0,I5
		9	0,(3)4	0,6	0,02	3,78	0,42
		3	0,(8)27	23,20	0,77	–	–
		5	0,(6)44	I2,44	0,42	–	–
	0,4	7	0,(4)II	5,70	0,I9	0,I7	0,025
		8	0,(4)22	3,05	0,I0	0,88	0,II0
		I0	0,(4)22	0,49	0,0I5	3,35	0,330
		5	0,(9)I	I4,9	0,50	–	–
		7	0,(6)53	8,70	0,29	–	–
	0,5	8	0,(5)I4	5,60	0,I9	0,I3	–
		I0	0,(5)3	I,87	0,06	I,47	0,I5
		I2	0,(5)3	0,66	0,022	3,85	0,32

Продолжение табл.1

I	2	3	4	5	6	7	8
35	0,I	2	0,(4)84	I2,50	0,36	–	–
		3	0,(I)I3	4,20	0,I2	0,20	0,07
		4	0,(I)26	I,06	0,03	0,95	0,24
		5	0,(I)26	–	–	2,05	0,40
	0,2	3	0,(6)I	I4,90	0,43	–	–
		4	0,(4)7	8,40	0,24	–	–
		5	0,(3)46	5,60	0,I6	0,I8	0,03
		6	0,(3)53	2,35	0,07	0,72	0,I2
		7	0,(3)6	0,72	0,02	2,I9	0,30
	0,3	4	0,(7)36	I4,5	0,4I	–	–
		6	0,(9)I	8,5	0,24	–	–
		8	0,(4)55	3,1	0,I0	I,84	0,23
		I0	0,(4)65	0,3	–	4,23	0,42
	0,4	5	0,(8)34	I3,5	0,38	–	–
		7	0,(6)48	9,4	0,27	–	–
		9	0,(5)33	4,0	0,II	0,54	0,06
		I2	0,(5)33	0,3	–	4,88	0,43
	0,5	6	0,(9)54	I2,3	0,35	–	–
		9	0,(6)I2	7,2	0,20	0,I6	0,02
		I2	0,(6)4I	I,4	0,04	2,I4	0,I8
		I5	0,(6)48	–	–	7,65	0,5I

Пример. Система состоит из 20 основных скважин. Обобщенный параметр α по статистическим данным $\alpha = 0{,}2$. Тогда требуемый коэффициент готовности системы $K_г = 1 - K_{п.с}$, как видно из табл. 1, может быть обеспечен 3-4 резервными скважинами. Анализ остальных показателей функционирования из табл.1 свидетельствует, что следует принять $m = 3$. В этом случае при $K_г = 0{,}84$ в работе будет находиться в среднем 77% времени 20 скважин (количество простаивающих $V = 3{,}23$), что удовлетворяет условиям эксплуатации.

Для промежуточных значений m и α все показатели легко вычисляются по формулам (I) - (6).

Для систем осушения, состоящих из большого числа дренажных устройств ($\alpha > 0{,}4$), расчет основных показателей производится по формулам:

вероятность того, что в системе нет отказавших скважин,

$$P_0 = \left[\sum_{K=0}^{\ell-1} \frac{\alpha^K}{K!} + \frac{\alpha^\ell}{(\ell-1)!\,(\ell-\alpha)} \right]^{-1}; \qquad (9)$$

вероятность того, что K скважин отказано,

$$P_K = \frac{\alpha^K}{K!} P_0 \qquad \text{при} \quad 1 \le K \le \ell; \qquad (10)$$

вероятность того, что все бригады заняты ремонтом,

$$П = \frac{\alpha^\eta}{(\eta-1)!}(\eta-\alpha) P_0; \qquad \frac{\alpha}{\eta} < 1; \qquad (11)$$

среднее число скважин, находящихся в системе обслуживания (резерв),

$$m = \frac{\alpha n}{\ell\,(1-\frac{\alpha}{\ell})^\eta} + \frac{\ell П}{1-\frac{\alpha}{\ell}} + \sum_{K=1}^{\ell-1} \frac{\alpha^K}{(K-1)!} P_0; \qquad (12)$$

среднее число свободных от ремонта бригад

$$N_0 = \sum_{K=0}^{\eta-1} \frac{\eta-K}{K!} \alpha^K P_0; \qquad (13)$$

коэффициент простоя ремонтных бригад

$$K_{n.p} = \frac{N_e}{\gamma} \qquad (14)$$

Показатели функционирования систем для некоторых значений α и γ приведены в табл.2.

Пример. Система осушения состоит из 50 водопонижающих скважин. Среднее время между отказами скважины составляет T = 2500 часов, т.е. $\lambda = \frac{1}{T} = 0{,}0004 \frac{1}{ч}$. Интенсивность восстановления одной бригадой $\mu = 0{,}016 \frac{1}{ч}$. Тогда $\alpha = n \frac{\lambda}{\mu} = \frac{50 \times 0{,}0004}{0{,}016} =$ = 1,25. При условии обслуживания системы 2 бригадами величина резерва m = 5 скважин (см.табл.2), при этом 37% времени бригады свободны от ремонта скважин и могут быть заняты на других работах. При γ = 1 очередь скважин на ремонт растет неограниченно.

Приведенные расчетные формулы (1) - (14) получены с упрощающими допущениями для интервалов значений α =0,5 ÷ 1. Точные результаты дает моделирование процесса функционирования системы осушения на ЭВМ. Блок-схема моделирующего алгоритма (рис.1) и программа его реализации приведены ниже.

Задача выбора системы осушения, удовлетворяющей требованию минимума приведенных затрат может быть проиллюстрирована следующим примером.

Пусть заданный эффект осушения (по данным гидрогеологических расчетов) достигается при работе n = 80 скважин, оборудованных насосами ЭЦВ8-40-120. Среднее время между отказами составляет T_c = 75 суток. Интенсивность восстановления при наличии одной бригады $\mu = 1 \frac{1}{сут.}$. Показатели сопоставляемых вариантов приведены в табл. 3.

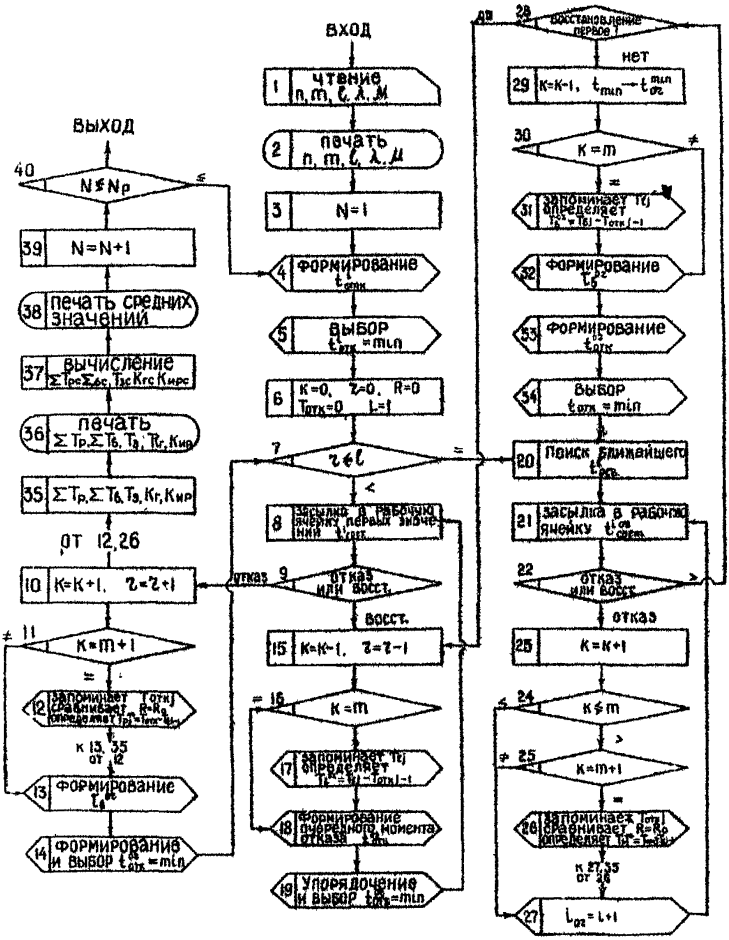


Рис. I. Блок-схема моделирующего алгоритма функционирования системы осушения

```
MODEL    066013013132    136113014012    000000001056

      PROGRAM MODEL
      DIMENSION T(100),TO(5),TV(5)
      MO=123456789                                                0003
      READ(17,20) N,M,L,RL,RM                                     0005
   20 FORMAT(I3,2I2,2F4.2)                                        0035
      WRITE(21,20) N,M,L,RL,RM                                    0041
      N1=N-1                                                      0071
      DO 17 JO=1,10                                               0073
      DO 1 I=1,N                                                  0100
      CALL RNDEQV(MO,X)                                           0105
    1 T(I)=ALOG(X)/RL                                             0110
M      -3100    100    104                                        0120
      IV=0                                                        0121
      IO=0                                                        0122
      IB=0                                                        0123
      T3=0.                                                       0124
      LA=1                                                        0125
    2 IF(IB-L) 3,10,10                                            0126
    3 RT=T(1)                                                     0131
      IF(RT) 4,7,7                                                0135


    4 IO=IO+1                                                     0140
      IB=IB+1                                                     0141
      IF(IO-M-1) 6,5,6                                            0142
M   5  -3100    107    119                                        0145
M   6  -3100    105    106                                        0146
M      -3100    100    104                                        0147
      GO TO 2                                                     0150
    7 IO=IO-1                                                     0151
      IB=IB-1                                                     0152
      IF(IO-M) 9,8,9                                              0153
M   8  -3100    112    117                                        0155
    9 IR=1                                                        0156
M      -3100    110    111                                        0157
M      -3100    100    104                                        0160
      GO TO 3                                                     0161
   10 IO=IB                                                       0162
      DO 21 IR=1,N                                                0163
      RT=T(IR)                                                    0170
      IF(RT) 11,22,22                                             0174
   11 IO=IO+1                                                     0177
```

```
                                                                    40
      IF(LA) 21,12,12                                               0200
   12 IF(IO-N-1) 21,13,21                                           0203
M  13  -3100    107    119                                         0206
   21 CONTINUE                                                      0207
M      -0000                                                        0211
   22 IF(IR-1) 7,7,23                                               0212
   23 K1=IR-1                                                       0215
      DO 24 K=1,K1                                                  0217
   24 T(K)=-RT                                                      0224
      IO=IO-1                                                       0231
      IF(IO-N) 26,25,26                                             0232
M  25  -3100    112    117                                         0234
M  26  -3100    105    106                                         0235
M      -3100    110    111                                         0236
M      -3100    100    104                                         0237
      GO TO 10                                                      0240
   14 TP=0.                                                         0241
      DO 15 I=1,5                                                   0242
   15 TP=TP+TV(I)+TO(I)                                             0247
      RT=-RT                                                        0262

                                                                    60
-------------------------------------------------------------------
      T8=RT-TP                                                      0263
      TK=T8/RT                                                      0265
      T3=T3/RT                                                      0267
      WRITE(21,16) JO,RT,TP,T8,TK,T3                                0270
   16 FORMAT(I3,5F9.3)                                              0324
      RJ=JO                                                         0327
      RTS=((RJ-1.)*RTS+RT)/RJ                                       0334
      TPS=((RJ-1.)*TPS+TP)/RJ                                       0340
      T8S=((RJ-1.)*T8S+T8)/RJ                                       0344
      TKS=((RJ-1.)*TKS+TK)/RJ                                       0350
      T3S=((RJ-1.)*T3S+T3)/RJ                                       0354
      WRITE(21,16) JO,RTS,TPS,T8S,TKS,T3S                           0360
   17 CONTINUE                                                      0414
      STOP                                                          0416
  100 DO 103 I=1,N1                                                 0417
      RI=T(I)                                                       0424
      K1=I+1                                                        0430
      DO 102 K=K1,N                                                 0432
      RK=T(K)                                                       0441
      IF(ABS(RI)-ABS(RK)) 102,102,101                               0445

                                                                    80
  101 T(K)=RI                                                       0453
      T(I)=RK                                                       0456
      RI=RK                                                         0461
  102 CONTINUE                                                      0462
  103 CONTINUE                                                      0464
M      -3500800100    109                                         0466
M      -3000    104                                                0467
  109 WRITE(21,108) (T(I),I=1,N)                                    0470
  108 FORMAT(F9.3)                                                  0512
```

```
M 104                                                                   0511
  105 CALL RHOEQV(MO,X)                                                 0515
      V=-ALOG(X)/RH                                                     0520
      T(1)=V+ABS(RT)                                                    0525
      T3=T3+V                                                           0532
M 106                                                                   0533
  107 IV=IV+1                                                           0534
      IF(IV-5) 118,118,14                                               0535
  118 TO(IV)=RT                                                         0540
      LA=-1                                                             0543
M 119                                                                   0544


  110 CALL RHOEQV(MO,X)                                                 0545
      T(IR)=-ABS(RT)+ALOG(X)/RL                                         0550
M 111                                                                   0562
  112 TV(IV)=RT                                                         0563
M      -3500000040    114                                             0566
  113 GO TO 116                                                         0567
  114 WRITE(21,115) IV,TO(IV),TV(IV)                                    0570
  115 FORMAT(I2,2F9.3)                                                  0620
  116 LA=1                                                              0623
M 117                                                                   0624
      END
```

VARIABLES

```
   MO      0641
    N      0642
    M      0643
    L      0644
   RL      0645
   RM      0646
   M1      0647
   JO      0650
    I      0651
    X      0652
   IV      0653
   IO      0654
   IB      0655
   T3      0656
   LA      0657
   RT      0660
   IR      0661
   K1      0662
    K      0663
   TP      0664
   TB      0665
   TK      0666
   RJ      0667
  RTS      0670
  TPS      0671
  TPS      0672
  TKS      0673
  T3S      0674
   PI      0675
   RK      0676
    Y      0677
```

```
RHOEQV   010113012516   031313012617   000000000060

      SUBROUTINE RHOEQV(NO,X)                                    0013
      IF(NO) 2,2,1                                               0014
    1 IX=MO                                                      0015
      NO=0                                                       0017
    2 IX=5*IX                                                    0020
      IF(IX-M29) 4,3,3                                           0022
    3 IX=IX-M29                                                  0025
    4 IF(IX-M28) 6,5,5                                           0026
    5 IX=IX-M28                                                  0031
    6 IF(IX-M27) 8,7,7                                           0032
    7 IX=IX-M27                                                  0035
    8 MX=IX                                                      0036
      X=MX/134217728.                                            0043
      RETURN                                                     0045
B        10                M27                                   0046
B        20                M28                                   0047
B        40                M29                                   0050
      END

VARIABLES

     IX      0056
     IX      0057
```

```
**PDILE*


INDICATOR IS
      +551700000000

RESIDENT          0 LEVEL
      SUBROUTINE     LOAD    340
      SUBROUTINE   TIMING    251
      SUBROUTINE    OFLO1    341
      SUBROUTINE     OFLO    342
      SUBROUTINE   ALLOUT    352
      SUBROUTINE    INFIN    406
      SUBROUTINE   INFOUT    464
      SUBROUTINE     IDIV    530
      SUBROUTINE     SQRT    605
      SUBROUTINE      EXP    661
      SUBROUTINE    EXPRI    752
      SUBROUTINE    EXPII   1030
      SUBROUTINE    EXPRR   1107
      SUBROUTINE     ALOG   1236
      SUBROUTINE      SIN   1323
      SUBROUTINE      COS   1335
      SUBROUTINE   SINCOS   1346
      SUBROUTINE      TAN   1441
      SUBROUTINE     ASIN   1537
      SUBROUTINE     ATAN   1644
      SUBROUTINE    ATAN2   1734
      SUBROUTINE   OUTPUT   2040
      SUBROUTINE   OUTPT1   2570
      SUBROUTINE    INPUT   2772
      SUBROUTINE   INPUT1   3244
      SUBROUTINE   TELETY   3447
      SUBROUTINE      MLS   3463
      SUBROUTINE      MLB   3615
      SUBROUTINE    UNIT1   3717
      SUBROUTINE.     MLR   4014
      SUBROUTINE      RMT   4156
      SUBROUTINE   TRNUM1   4247
      SUBROUTINE     2570
      SUBROUTINE   SPECIF   4604
      SUBROUTINE   TRNUM8   5216
      SUBROUTINE      OUT   5752
      SUBROUTINE     INTO   6000
      SUBROUTINE   RECORD   6037
      SUBROUTINE     UNIT   6070
      SUBROUTINE    START   6427
      SUBROUTINE    UPR22   6462
      SUBROUTINE      INT   6474
      SUBROUTINE   I2TO10   6515
      SUBROUTINE   PRINTC   6545
      SUBROUTINE     WRMT   7031
MEMORY GAP     7161    -    14677

PROGRAM           1 LEVEL
      SUBROUTINE   MODEL   7161
INDICATOR IS      +551700000000
MEMORY GAP     7241    -    14465

END OF PILE
```

Таблица 2

λ	z	Показатели				
		P_*	π	R	N_*	$K_{пр}$
I	2	3	4	5	6	7
0,5	I	0,5	0,50	2	0,5	0,50
	2	0,6	0,I0	0,6I	0,5	0,75
	3	0,6	0,0I5	0,5I	2,5	0,83
	4	0,6	0,00I8	0,5	3,5	0,87
0,75	2	0,45	0,20	I,20	I,25	0,62
	3	0,47	0,044	0,8I	2,25	0,75
	4	0,47	0,008	0,76	3,25	0,8I
I,0	2	0,33	0,33	2,33	I,0	0,50
	3	0,36	0,09	I,20	2,0	0,66
	4	0,37	0,02	I,03	3,0	0,75
I,25	2	0,23	0,48	5,0	0,75	0,37
	3	0,27	0,I5	I,77	I,75	0,58
	4	0,28	0,04	I,35	2,75	0,68
I,5	2	0,I4	0,64	I3,07	0,5	0,25
	3	0,2I	0,23	2,68	I,5	0,50
	4	0,22	0,075	I,75	2,5	0,62
I,75	2	0,066	0,8I	58,90	0,25	0,I2
	3	0,I5	0,33	4,37	I,24	0,42
	4	0,I7	0,I2	2,28	2,25	0,56
2,0	3	0,II	0,44	7,33	I,0	0,33
	4	0,I3	0,I7	3,04	2,0	0,50
	5	0,I3	0,06	2,26	3,0	0,60

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6	7
2,25	3	0,075	0,56	I4,20	0,75	0,25
	4	0,099	0,24	4,20	I,75	0,43
	5	0,I0	0,09	2,75	2,75	0,55
2,5	3	0,045	0,70	34,I0	0,5	0,I7
	4	0,074	0,32	6,05	I,5	0,37
	5	0,080	0,I3	3,4I	2,5	0,50
2,75	3	0,02	0,85	I42,0	0,25	0,08
	4	0,05	0,4I	9,24	I.25	0,3I
	5	0,06	0,I8	4,33	2,25	0,45
3,0	4	0,04	0,5I	I5,20	I,0	0,25
	5	0,05	0,24	5,65	2,0	0,40
	6	0,05	0,I0	3,80	3,0	0,50
3,25	4	0,025	0,62	28,20	0,75	0,I9
	5	0,035	0,30	7,66	I,75	0,35
	6	0,038	0,I3	4,55	2,75	0,46
3,5	4	0,0I4	0,73	65,50	0,5	0,I2
	5	0,026	0,38	I0,85	I,5	0,30
	6	0,029	0,I8	5,60	2,5	0,4I
3,75	4	0,007	0,86	263,0	0,25	0,06
	5	0,020	0,46	I6,20	I,25	0,25
	6	0,022	0,23	7,03	2,25	0,37
	7	0,023	0,I0	4,84	3,25	0,46
4,0	5	0,0I3	0,55	26,20	I,0	0,20
	6	0,0I6	0,28	9,I2	2,0	0,33
	7	0,0I8	0,I3	5,68	3,0	0,43
	8	0,0I8	0,06	4,60	4,0	0,50

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7
I,25	5	0,080	0,65	47,50	0,75	0,I5
	6	0,0I2	0,35	I2,20	I,75	0,29
	7	0,0I4	0,I7	6,80	2,75	0,39
	8	0,0I4	0,08	5,I6	3,75	0,47
4,5	5	0,005	0,76	I07,40	0,5	0,I0
	6	0,009	0,42	I7,I5	I,5	0,25
	7	0,0I0	0,22	8,33	2,5	0,35
	8	0,0II	0,I0	5,87	3,5	0,44
	9	0,0II	0,05	5,0	4,5	0,50

Таблица 3

Количество основных скважин n	Количество ремонтных бригад γ	Интенсивность потока отказов $\lambda = n\frac{1}{T}$	Интенсивность восстановления μ	Параметр α	Резерв m
I	2	3	4	5	6
30	I	0,4	I	0,40	0
30	2	0,4	2	0,20	6
30	3	0,4	3	0,I3	5

Применительно к стоимостным показателям работ по осушению на Бикинском углеразрезе № I определим приведенные затраты по осушению. Результаты расчетов показаны на рис.2 , из которого видно, что минимум затрат достигается по первому варианту. Не приводя расчетов для других показателей стоимости дренажных устройств, можно сформулировать общее правило :

при относительно невысокой стоимости бурения целесообразно эксплуатационную надежность обеспечивать за счет увеличения числа резервных скважин;

при сооружении глубоких водопонижающих скважин сложной конструкции, оборудованных погружными насосами со значительным расходом электроэнергии, эксплуатационную надежность целесообразно обеспечивать за счет увеличения количества ремонтного оборудования и персонала (в пределах действующих норм).

Расчет необходимого складского резерва погружных насосов производится по табл. 4.

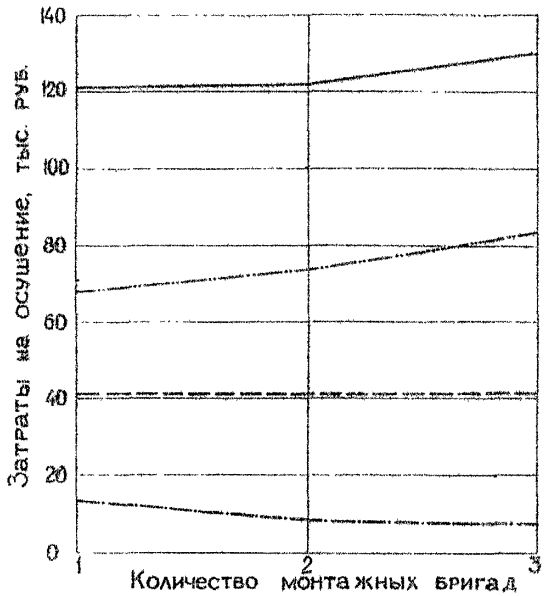


Рис.2. Затраты на осушение в зависимости от варианта резервирования. Приведенные капитальные затраты: – – – на сооружение основных скважин; —·— на сооружение резервных скважин; ····· эксплуатационные затраты; —— суммарные приведенные затраты.

Пример. Система осушения тоит из 50 скважин. Наработка на отказ составляет $T = 100$ суток, т.е. $\lambda = 0{,}01 \frac{1}{\text{сут}}$.

Пополнение компонента ЗИП путем поставки из централизованного органа снабжения производится один раз в квартал, т.е. $\mu = \frac{1}{90} \frac{1}{\text{сут}}$. Тогда параметр $\alpha = \frac{50 \times 90}{100} = 45$.

По таблице 4 находим при $P_2 \leq 0{,}05$, $\alpha = 46$, $z = 52$ насоса

Таблица функции $P_2 = \frac{\alpha^n}{2! \sum_{S=0}^{n} \frac{\alpha^S}{S!}}$

Таблица 4

2	α							
	II,0	I2,0	I3,0	I4,0	I5,0	I6,0	I7,0	I8,0
I	2	3	4	5	6	7	8	9
I4	0,(I)85							
I5	0,(I)59	0,(I)86						
I6	0,(I)39	0,(I)6	0,(I)86					
I7	0,(I)25	0,(I)4I	0,(I)62	0,(I)86				
I8	0,(I)I5	0,(I)27	0,(I)43	0,(I)63	0,(I)86			
I9	0,(2)85	0,(I)I6	0,(I)28	0,(I)44	0,(I)64	0,(I)86		
20	0,(2)46	0,(2)98	0,(I)I8	0,(I)3	0,(I)46	0,(I)64	0,(I)86	
2I	0,(2)24	0,(2)56	0,(2)II	0,(I)2	0,(I)32	0,(I)47	0,(I)65	0,(I)86
22	0,(2)I2	0,(2)3	0,(2)65	0,(I)I2	0,(I)2I	0,(I)33	0,(I)48	0,(I)65
23	0,(3)58	0,(2)I6	0,(2)37	0,(2)75	0,(I)I4	0,(I)22	0,(I)34	0,(I)49

Продолжение табл.4

α =19		α =20		α =22		α =24		α =26	
k	P_k	k	P_k	k	P_k	k	P_k	k	P_k
22	0,(I)85	23	0,(I)85	25	0,(I)84	27	0,(I)83	29	0,(I)82
23	0,(I)66	24	0,(I)66	26	0,(I)66	28	0,(I)67	30	0,(I)67
24	0,(I)5	25	0,(I)5	27	0,(I)5I	29	0,(I,53	3I	0,(I)53
25	0,(I)36	26	0,(I)37	28	0,(I)39	30	0,(I)4	32	0,(I)4I
26	0,(I)26	27	0,(I)27	29	0,(I)29	3I	0,(I)3	33	0,(I)3I

α =28		α =30		α =32		α =34		α =36	
k	P_k	k	P_k	k	P_k	k	P_k	k	P_k
30	0,(I)98	32	0,(I)96	34	0,(I)95	36	0,(I)93	38	0,(I)9I
3I	0,(I)8I	33	0,(I)8	35	0,(I)8	37	0,(I)79	39	0,(I)78
32	0,(I)66	34	0,(I)66	36	0,(I)66	38	0,(I)66	40	0,(I)65
33	0,(I)53	35	0,(I)54	37	0,(I)54	39	0,(I)54	4I	0,(I)54
34	0,(I)42	36	0,(I)43	38	0,(I)44	40	0,(I)44	42	0,(I)44
35	0,(I)33	37	0,(I)34	39	0,(I)34	4I	0,(I)35	43	0,(I)36

α =38		α =40		α =42		α =44		α =46	
k	P_k	k	P_k	k	P_k	k	P_k	k	P_k
40	0,(I)9	42	0,(I)88	43	0,I	45	0,(I)98	47	0,(I)96
4I	0,(I)77	43	0,(I)7I	44	0,(I)87	46	0,(I)86	48	0,(I)85
42	0,(I)65	44	0,(I)65	45	0,(I)75	47	0,(I)74	49	0,(I)74
43	0,(I)54	45	0,(I)54	46	0,(I)64	48	0,(I)64	50	0,(I)63
44	0,(I)45	46	0,(I)45	47	0,(I)54	49	0,(I)54	5I	0,(I)54
45	0,(I)37	47	0,(I)37	48	0,(I)45	50	0,(I)45	52	0,(I)46

Продолжение табл.4

α =48		α =50		α =55		α =60		α =65	
h	P_h	h	P_h	h	P_h	h	P_h	h	P_h
49	0,(I)95	5I	0,(I)93	56	0,(I)9	60	0,(I)96	65	0,(I)93
50	0,(I)83	52	0,(I)82	57	0,(I)8	6I	0,(I)86	66	0,(I)84
5I	0,(I)73	53	0,(I)72	58	0,(I)7	62	0,(I)77	67	0,(I)75
52	0,(1)63	54	0,(I)62	59	0,(I)6I	63	0,(I)69	68	0,(I)67
53	0,(I)54	55	0,(I)54	60	0,(I)53	64	0,(I)6	69	0,(I)59
54	0,(I)46	56	0,(I)46	6I	0,(I)46	65	0,(I)53	70	0,(I)52
55	0,(I)38	57	0,(I)69	62	0,(I)39	66	0,(I)46	7I	0,(I)46

α =70		α =75		α =80		α =85		α =90	
h	P_h	h	P_h	h	P_h	h	P_h	h	P_h
69	0,(I)98	74	0,(I)95	78	0,I	83	0,(I)97	88	0,(I)94
70	0,(I)9	75	0,(I)87	79	0,(I)92	84	0,(I)89	89	0,(I)86
7I	0,(I)8I	76	0,(I)79	80	0,(I)84	85	0,(I)82	90	0,(I)8
72	0,(I)73	77	0,(I)7I	8I	0,(I)77	86	0,(I)75	9I	0,(I)73
73	0,(I)66	78	0,(I)64	82	0,(I)7	87	0,(I)68	92	0,(I)67
74	0,(I)58	79	0,(I)57	83	0,(I)63	88	0,(I)62	93	0,(I)6I
75	0,(I)52	80	0,(I)5I	84	0,(I)57	89	0,(I)56	94	0,(I)55
76	0,(I)45	8I	0,(I)45	86	0,(I)45	90	0,(I)5	95	0,(I)49

α =95		α =I00		α =II0		α =I20		α =I30	
h	P_h	h	P_h	h	P_h	h	P_h	h	P_h
92	0,(I)98	97	0,(I)95	I06	0,(I)96	II5	0,(I)97	I24	0,(I)98
93	0,(I)9I	98	0,(I)88	I07	0,(I)9	II6	0,(I)9I	I25	0,(I)92
94	0,(I)84	99	0,(I)82	I08	0,(I)84	II7	0,(I)85	I26	0,(I)87
95	0,(I)78	I00	0,(I)76	I09	0,(I)78	II8	0,(I)8	I27	0,(I)82
96	0,(I)7I	I0I	0,(I)7	II0	0,(I)72	II9	0,(I)75	I28	0,(I)77

Продолжение табл.4

97	0,(I)65	I02	0,(I)64	III	0,(I)67	I20	0,(I)69	I29	0,(I)72
98	0,(I)59	I03	0,(I)58	II2	0,(I)62	I2I	0,(I)64	I30	0,(I)67
99	0,(I)54	I04	0,(I)53	II3	0,(I)57	I22	0,(I)6	I3I	0,(I)62
I00	0,(I)49	I05	0,(I)48	II4	0,(I)52	I23	0,(I)55	I32	0,(I)58
I0L	0,(I)44	I06	0,(I)44	II5	0,(I)47	I24	0,(I)5	I33	0,(I)53
I02	0,(I)39	I07	0,(I)39	II6	0,(I)43	I25	0,(I)46	I34	0,(I)49

Примечание. В скобках указаны нули после запятой.
Например: 0,(2)88 = 0,0088.

Содержание

1. Общие положения 3
2. Выбор и обоснование рациональных способов и схем осушения месторождений полезных ископаемых 7
3. Типы дренажных и противофильтрационных устройств и область их применения 16
4. Гидрогеологические расчеты 20
5. Оптимизация системы осушения 44
6. Конструкция и технология сооружения дренажных устройств 47
7. Рациональное использование подземных вод 59
8. Прогноз осадки пород при осушении месторождений полезных ископаемых 61
9. Водоотлив и подотводы 62
10. Горные работы в дренажных шахтах 69
11. Электромеханические установки дренажных шахт 75
12. Электроснабжение установок осушения. Автоматизация, связь и сигнализация 77
Приложения 84

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОСУШЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

Литературный редактор Л.А.Порубай
Технический редактор А.Г.Воронцова
Корректор В.Н.Фурсова

Подписано к печати 25 января 1982 г.
Объем 4,8 уч.-изд.л. Тираж 500 экз. Заказ № 43.
Ротапринт ВИОГЕМ, г.Белгород, ул.Б.Хмельницкого, 86.
Цена 70 коп.

gost.e-ecolog.ru