МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНИИПРОЕКТ
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ
имени Б. Е. ВЕДЕНЕЕВА

УКАЗАНИЯ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПЛОТИН ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

ВСН 07-74
Минэнерго СССР

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНИИПРОЕКТ
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ
имени Б. Е. ВЕДЕНЕЕВА

УКАЗАНИЯ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПЛОТИН ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

ВСН 07-74
Минэнерго СССР

«ЭНЕРГИЯ»
Ленинградское отделение
1975

УДК 624.137.034.9 : 626/627

Настоящие «Указания» разработаны в лаборатории гидроизоляции ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева с целью внедрения в практику гидротехнического строительства полиэтиленовых пленок в качестве противофильтрационных устройств различных подпорных сооружений из грунтовых материалов.

Использование полиэтиленовых пленок дает возможность осуществлять прогрессивные технические решения и достигать экономии капиталовложений за счет снижения стоимости и сокращения сроков строительства сооружений.

«Указания» составлены кандидатами технических наук В. Д. Глебовым и В. П. Лысенко при научном редактировании заведующего комплексной лабораторией грунтовых сооружений М. П. Павчича.

С введением в действие «Указаний по применению полиэтиленовых противофильтрационных устройств для плотин из грунтовых материалов» $\left(\frac{\text{ВСН 07-74}}{\text{Минэнерго СССР}}\right)$ утрачивают силу «Временные технические указания по проектированию, строительству и эксплуатации полиэтиленовых противофильтрационных устройств плотин из местных материалов» $\left(\frac{\text{ВСН 003-66}}{\text{Минэнерго СССР}}\right)$.

Настоящие Указания составлены в развитие Главы СНИП II-53-73 «Плотины из грунтовых материалов».

У $\frac{30314\text{-}183}{051\ (01)\text{-}75}$

© Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники имени Б. Е. Веденеева (ВНИИГ), 1975

Министерство энергетики и электрификации СССР (Минэнерго СССР)	Ведомственные строительные нормы **УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПЛОТИН ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**	ВСН 07-74 Минэнерго СССР Взамен ВСН 003-66 Минэнерго СССР

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие указания должны соблюдаться при проектировании и строительстве противофильтрационных устройств, для которых применяется пленочный и листовой рулонный полиэтилен.

Под противофильтрационным устройством из полиэтиленового материала понимается конструкция, состоящая из подстилающего слоя, пленочного элемента и защитного слоя.

1.2. Полиэтиленовые противофильтрационные устройства рекомендуется применять в насыпных земляных, каменнонабросных, каменно-земляных и намывных плотинах и перемычках III—IV классов, а также при надлежащем обосновании для сооружений I и II классов высотой до 60 *м*, в случае, когда:

а) напор на гидротехническое сооружение не более 50 *м*;

б) срок службы плотин менее 50 лет;

в) срок службы плотин более 50 лет, но могут быть приняты меры по ремонту полиэтиленового противофильтрационного устройства или выполнению нового покрытия, а также если не возникает опасений за работу сооружения по истечении этого срока в случае повреждения полиэтиленового противофильтрационного устройства.

1.3. Применение полиэтиленовых противофильтрационных устройств является наиболее целесообразным и экономически эффективным в следующих случаях:

а) при отсутствии в районе строительства грунтов для создания противофильтрационных устройств из местных материалов;

б) при неблагоприятных метеорологических условиях и в районах с суровым климатом;

в) при крутизне скальных берегов, препятствующей созданию надежного контакта грунтового противофильтрационного устройства со скалой;

Внесены Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники им. Б. Е. Веденеева	Утверждены Минэнерго СССР 21 мая 1974 г. решением № 237 по согласовании с Госстроем СССР	Срок введения I квартал 1975 г.

г) при необходимости экранирования водоемов значительных площадей, расположенных на сильно фильтрующих грунтах.

1.4. Срок службы полиэтиленовых противофильтрационных устройств на объектах с повышенной агрессивностью воды должен быть дополнительно оценен в лаборатории для каждого конкретного сооружения с учетом химического состава воды, ее

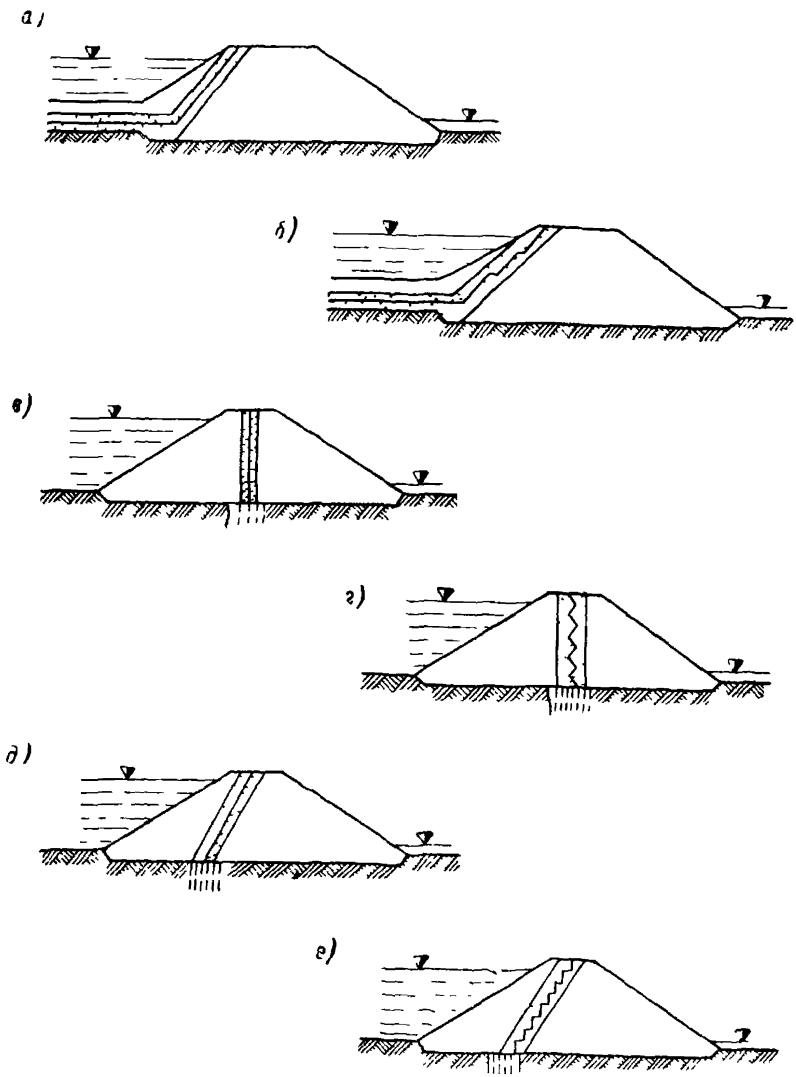

Рис. 1. Типы полиэтиленовых противофильтрационных устройств

а—прямой экран и понур; *б*—ступенчатый экран и понур, *в*—прямая центральная диафрагма; *г*—ступенчатая центральная диафрагма, *д*—прямая наклонная диафрагма, *е*—ступенчатая наклонная диафрагма.

температуры, напора и пр. Испытания пленок следует осуществлять по ГОСТ 13518—68 «Пластмассы. Метод определения стойкости полиэтилена к растрескиванию под напряжением».

1.5. Полиэтиленовые противофильтрационные устройства подразделяются на: а) экраны; б) диафрагмы; в) понуры.

1.6. Полиэтиленовые экраны располагают в верховой призме плотины, перемычки, дамбы обвалования, и по конструкции поперечного профиля различают:

а) прямые (рис. 1, *а*);

б) ступенчатые (рис. 1, *б*).

Полиэтиленовые диафрагмы располагают в теле плотины или перемычки и подразделяют на:

а) центральные (рис. 1, *в* и 1, *г*);

б) наклонные (рис. 1, *д* и 1, *е*).

По конструкции поперечного профиля полиэтиленовые диафрагмы подразделяют на:

а) прямые (рис. 1, *в* и 1, *д*);

б) ступенчатые (рис. 1, *г* и 1, *е*).

В качестве материала для подстилающего и защитного слоев могут использоваться несвязные грунты, эластичные вспененные полимерные материалы, рулонный и листовой полиэтилен и т. д.

Для подстилающего и защитного слоев допускается использование связных грунтов, бетона и железобетона при соответствующем обосновании конструкции и технологии производства работ.

Полиэтиленовые понуры являются, как правило, продолжением экрана и конструктивно аналогичны прямым экранам (рис. 1, *а* и 1, *б*).

1.7. Выбор типа и вида полиэтиленового противофильтрационного устройства, а также назначение размеров ступеней, требуют специального обоснования в зависимости от типа плотины или перемычки, условий производства работ и технико-экономического сопоставления вариантов. При этом следует отдавать предпочтение противофильтрационным устройствам, выполняемым по типу прямых или ступенчатых экранов.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

Требования к полиэтиленовым материалам, используемым в противофильтрационных устройствах

2.1. При проектировании противофильтрационных устройств следует применять пленочный и листовой рулонный полиэтилен низкой плотности толщиной от 0,2 *мм* и выше, выпускаемый промышленностью в соответствии с ГОСТ 10354—73 «Пленка полиэтиленовая» и обладающий следующими физико-механическими свойствами:

разрушающее напряжение при растяжении — не менее 120 *кгс/см*^{2}; относительное удлинение при разрыве, — не менее 200 %, плотность не менее — 0,920 *г/см*^{3}; температура хрупкости (морозоустойчивость), — не выше — 60° С.

Основные свойства полиэтилена приведены в приложении 1.

2.2. Для противофильтрационных устройств следует применять стабилизированный полиэтилен. Применение нестабилизированного полиэтилена допускается в следующих случаях:

а) если срок эксплуатации полиэтиленового противофильтрационного устройства не превосходит 5 лет;

б) если полиэтиленовый противофильтрационный элемент в период производства работ не остается без защитного слоя более 5 дней

2.3. Эффективность примененного стабилизатора должна быть не ниже эффективности газовой канальной сажи, вводимой в полиэтилен низкой плотности в количестве 2%.

Расчетные характеристики полиэтилена и грунтов

2.4. При проектировании полиэтиленовых противофильтрационных устройств следует устанавливать следующие основные характеристики полиэтилена:

а) плотность ρ, *г/см*^{3};

б) допускаемое напряжение при растяжении $\sigma_{доп}$, *кгс/см*^{2};

в) модуль упругости E, *кгс/см*^{2};

г) коэффициент линейного расширения α, *град*$^{-1}$.

На стадии разработки рабочих чертежей при проектировании сооружений I и II классов высотой не более 60 *м* расчетные характеристики полиэтилена следует устанавливать экспериментальным путем.

2.5. Величина допускаемого напряжения при растяжении ($\sigma_{доп}$) определяется в зависимости от температуры пленочного противофильтрационного устройства по формуле:

$$\sigma_{доп} = 0{,}2A \exp\left(\frac{B}{t + 273}\right), \qquad (1)$$

где A, B — постоянные, определяемые опытным путем (см. п. 2.8); t — температура пленочного противофильтрационного устройства, °С, принимая равной t_1, t_2 или t_3

2.6. Температура полиэтиленового противофильтрационного устройства (t_1), постоянно находящегося под водой, принимается равной средней многолетней температуре воды на данной глубине. Температура противофильтрационного устройства (t_2), находящегося в зоне переменного горизонта и температура противофильтрационного устройства (t_3), находящегося выше максимального горизонта воды, принимаются равными максимальным температурам в грунте на глубине залегания полиэтиленового противофильтрационного устройства. Температуры t_1, t_2, t_3 принимаются по материалам инженерно-геологических и гидрологических изысканий.

2.7. Установленные по указаниям п. 2.6 температуры t_1, t_2 и t_3 умножают на поправочный коэффициент K_1 в соответствии с классами капитальности (согласно табл. 1).

Таблица 1

Класс сооружения	Поправочный коэффициент K_1
I, II Высотой до 60 *м*	1,0
III	0,8
IV	0,6
Вне класса	0,6

2.8. Постоянные величины A и B в формуле (1) рассчитывают с помощью системы двух уравнений, составленных по результатам испытаний данной партии полиэтиленового материала при двух различных температурах t' и t''

$$\left.\begin{aligned} \sigma_p' &= A \exp\left(\frac{B}{t' + 273}\right); \\ \sigma_p'' &= A \exp\left(\frac{B}{t'' + 273}\right), \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

где σ_p' и σ_p'' — разрушающие напряжения полиэтилена при растяжении (в *кгс/см*^{2}) при температурах t' и t'' (° С) соответственно.

Таблица 2

Температура, t °С	Допускаемое напряжение при растяжении $\sigma_{доп}$, *кгс/см*^{2}	Температура, t °С	Допускаемое напряжение при растяжении $\sigma_{доп}$, *кгс/см*^{2}
+30	22	—20	40
+25	23	—25	42
+20	25	—30	44
+15	27	—35	48
+10	28	—40	52
+5	30	—45	54
0	31	—50	56
—5	33	—55	61
—10	35	—60	67
—15	37		

2.9. При проектировании сооружений III—IV классов значения допускаемых напряжений при растяжении в зависимости от температур различных частей противофильтр а ц и онных устройств допускается принимать по табл. 2.

2.10. Установленную по указаниям п. 2.5. или по табл. 2 величину допускаемого напряжения при растяжении умножают на поправочный коэффициент K_2 (см. табл. 3), учитывающий снижение прочностных характеристик полиэтилена в процессе укладки пленочного покрытия в сооружение.

2.11. Значение модуля упругости E в зависимости от напряжения и температуры определяют в следующем порядке:

а) при температуре t' устанавливают величины относительных удлинений ε_1 и ε_2 при двух разных значениях растягивающих напряжений σ_1 и σ_2;

б) вычисляют постоянные коэффициенты A' и k' с помощью системы двух уравнений:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} &= \frac{A'}{\sigma_1^{k'}};\\ \frac{\sigma_2}{\varepsilon_2} &= \frac{A'}{\sigma_2^{k'}},\end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

в) испытания, указанные в п. а, повторяют при другой температуре t'' и соответственно устанавливают величины относительных удлинений ε_3 и ε_4 при прежних значениях напряжений σ_1 и σ_2;

Таблица 3

Класс сооружения	Поправочный коэффициент K_2
I, II высотой до 60 *м*	0,85
III	0,90
IV	1,0
Вне класса	1,0

г) вычисляют постоянные коэффициенты A'' и k'' с помощью системы двух уравнений:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\sigma_1}{\varepsilon_3} &= \frac{A''}{\sigma_1^{k''}};\\ \frac{\sigma_2}{\varepsilon_4} &= \frac{A''}{\sigma_2^{k''}},\end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

д) определяют постоянные B_0 и M с помощью системы двух уравнений:

$$\left.\begin{aligned}\frac{A'}{\sigma^{k'}} &= B_0 \exp\left(\frac{M}{t' + 273}\right);\\ \frac{A''}{\sigma^{k''}} &= B_0 \exp\left(\frac{M}{t'' + 273}\right),\end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

е) зависимость модуля упругости полиэтилена от напряжения и температуры устанавливают в виде:

$$E = B_0 \exp\left(\frac{M}{t + 273}\right). \qquad (6)$$

Примечание. Время, предшествующее прекращению роста деформаций образцов полиэтилена под нагрузкой, может достигать 2000—5000 часов в зависимости от физико-механических свойств материала, температуры испытаний и т. д.

2.12. При проектировании сооружений III—IV классов в зависимости от температур противофильтрационного устройства, допускается назначать величину модуля упругости полиэтилена по табл. 4 (см. п. 2.13 и п. 2.18, 2.19).

2.13. Установление характеристик полиэтилена по пп. 2.5; 2.8;

2.11 обязательно для пленочных покрытий, отношение толщины которых к расчетному диаметру грунтовой поры защитных слоев 0,2 и менее.

2.14. При проектировании сооружений III и IV классов на стадии рабочих чертежей (см п. 2.4) величины плотности и коэффициента линейного расширения принимают согласно таблице приложения 1.

Таблица 4

Температура t, °С	Модуль упругости E, кгс/см²
+30	388
+25	420
+20	466
+15	513
+10	574
+5	672
0	806
—5	980
—10	1200
—15	1430
—20	1710
—25	2080
—30	2420
—35	2980
—40	3420
—45	3940
—50	4470
—55	4960
—60	5170

2.15. При проектировании полиэтиленовых противофильтрационных устройств следует устанавливать следующие характеристики материала грунтовых слоев, входящих в конструкцию противофильтрационного устройства и грунта тела подпорного сооружения:

а) гранулометрический состав;

б) пористость грунта, n;

в) размер фракции грунта, вес которой вместе с весом более мелких фракций составляет 3% от веса всего грунта, d_3;

г) размер фракции грунта, вес которой вместе с весом более мелких фракций составляет 10% от веса всего грунта, d_{10};

д) размер фракции грунта, вес которой вместе с весом более мелких фракций составляет 17% от веса всего грунта, d_{17};

е) размер фракции грунта, вес которой вместе с весом более мелких фракций составляет 60% от веса всего грунта, d_{60};

ж) коэффициент разнозернистости грунта, $k_{\frac{60}{10}}$;

и) коэффициент трения материала защитных слоев по полиэтилену, μ.

2.16. Расчетные характеристики грунтов, используемых в конструкциях полиэтиленовых противофильтрационных устройств, следует устанавливать на основании опытного определения в лабораторных условиях

Расчет толщины полиэтиленовых противофильтрационных элементов

2.17. Толщина полиэтиленового противофильтрационного элемента в зависимости от напора воды и расчетного диаметра пор защитного и подстилающего грунтовых слоев назначается такой, чтобы при данной температуре полиэтилена напряжения, возникающие в нем от действия гидростатического давления, не превосходили величин допускаемых напряжений при растяжении $\sigma_{доп}$.

Величина допускаемого напряжения устанавливается по указаниям пп. 2.5 и 2.9. Возможность устранения растягивающих

напряжений в противофильтрационном элементе в строительный и эксплуатационный периоды от деформаций грунта подпорного сооружения может быть достигнута приданием этому элементу выпуклости в сторону верхнего бьефа и устройством компенсаторов в местах примыкания его к берегам, основаниям или элементам бетонных сооружений.

Примечание. Увеличение величины допускаемых напряжений при сроке эксплуатации сооружения менее 50 лет должно производиться на основании специальных лабораторных исследований.

2.18. Величина максимальных растягивающих напряжений, возникающих от действия давления воды, рассчитывается по формуле

$$\sigma = 0{,}0347 \sqrt[3]{E\left(\frac{\rho_в H d^{1{,}03}}{\delta}\right)^2} \quad \text{для } d \leqslant 22 \text{ мм}, \tag{7}$$

или

$$\sigma = 0{,}154 \sqrt[3]{E\left(\frac{\rho_в H d^{0{,}32}}{\delta}\right)^2} \quad \text{для } 100 \text{ мм} \geqslant d > 22 \text{ мм}, \tag{8}$$

где σ — величина максимального растягивающего напряжения противофильтрационного элемента, *кгс/см²*; $\rho_в$ — плотность воды, *г/см³*; H — напор, *м*; d — расчетный диаметр поры грунта, *мм*; δ — толщина полиэтиленового противофильтрационного элемента, *мм*.

Расчетный диаметр поры грунта подстилающего слоя определяется по формуле

$$d = 0{,}455\chi \sqrt[6]{k_{\frac{60}{10}}} \frac{n}{1-n} d_{17}, \tag{9}$$

где χ — коэффициент неравномерности раскладки частиц в грунте

$$\chi = 1 + 0{,}05 k_{\frac{60}{10}}, \tag{10}$$

где $k_{\frac{60}{10}}$ — коэффициент разнозернистости грунта подстилающего слоя, n — пористость грунта подстилающего слоя (в долях единицы).

Для предварительного назначения толщины полиэтиленового противофильтрационного элемента рекомендуется пользоваться зависимостями:

$$\delta = 0{,}00647 \rho_в H d^{1{,}03} \sqrt{\frac{E}{\sigma^3_{доп}}} \quad \text{для } d \leqslant 22 \text{ мм}; \tag{11}$$

$$\delta = 0{,}0604 \rho_в H d^{0{,}32} \sqrt{\frac{E}{\sigma^3_{доп}}} \quad \text{для } 22 \text{ мм} < d \leqslant 100 \text{ мм}. \tag{12}$$

2.19. Проведение расчетов по п. 2.18 обязательно для пленочных конструкций, у которых $\delta/d \leqslant 0{,}2$. В остальных случаях толщина пленки принимается в соответствии с табл. 6, п. 2.38, но не менее 0,2 *мм*.

2.20. При возникновении больших и неравномерных осадок и деформаций сооружения необходимо предусматривать местный припуск полиэтиленового материала, соответствующий величине ожидаемой деформации, с тем, чтобы в рассматриваемой части полиэтиленового противофильтрационного элемента отсутствовали растягивающие напряжения. Количество и расположение местных припусков определяется при проектировании

2.21. В случае, если укладка полиэтиленового противофильтрационного устройства ведется при более высоких температурах, чем температура в период эксплуатации, следует производить оценку величин температурных напряжений в полиэтилене по зависимости

$$\sigma_t = \alpha (t_y - t) E, \qquad (13)$$

где σ_t — температурное напряжение в полиэтиленовом противофильтрационном устройстве, *кгс/см²*, α — коэффициент линейного расширения, град$^{-1}$; t_y — температура полиэтилена во время его укладки, °С; t — расчетное значение температуры полиэтиленового противофильтрационного устройства, °С; E — модуль упругости полиэтилена, определяемый в соответствии с табл 4

2.22. В случае, если необходима проверка напряжений в пленочном устройстве, напряжения, вычисленные по формулам (7) или (8), складываются с 1/2 величины температурного напряжения σ_t, определенного по формуле (13). При этом величина суммарного напряжения не должна превосходить величины допускаемого напряжения при растяжении, установленного по пп. 2 5 или 2.9

Если такая проверка не производится, величина $1/2\,\sigma_t$ должна быть меньше величины допускаемого напряжения при растяжении.

Расчет устойчивости земляного откоса, имеющего противофильтрационное устройство в виде полиэтиленовой пленки

2.23. Расчет устойчивости земляного откоса, имеющего противофильтрационное устройство в виде полиэтиленовой пленки, выполняется согласно указаниям главы СНиП на проектирование плотин из грунтовых материалов, а также согласно другим действующим нормативным документам, регламентирующим вопросы расчета устойчивости земляных откосов.[1]

2.24. При выполнении расчета, указанного в п 2 23, на стадии технического проекта следует иметь в виду коэффициенты трения μ материала защитного слоя по полиэтилену, приводимые в табл. 5. Величиной сцепления материала защитного слоя с полиэтиленовой пленкой следует пренебрегать.

2.25. При выполнении расчета, указанного в п. 2.23 на стадии рабочих чертежей величину μ, отмеченную в п. 2.24, необходимо уточнять при помощи опытов, учитывая зависимость коэффициента трения от величины нормальных сжимающих на-

[1] См, например, «Указания по расчету устойчивости земляных откосов» ВСН 04—71, Минэнерго СССР (стр. 55, § 24).

Таблица 5

Материал защитных слоев	Коэффициент трения материала защитных слоев по полиэтилену, μ		Коэффициент трения грунта по грунту
	насухо	в воде	
Глина	0,40—0,55	0,35—0,50	0,20—0,30
Суглинок	0,40—0,55	0,35—0,45	0,25—0,35
Супесь	0,35—0,55	0,30—0,50	0,35—0,40
Песок мелкий	0,30—0,50	0,30—0,40	0,40—0,50
Песок крупный	0,30—0,50	0,25—0,40	0,60—0,70
Гравий	0,30—0,45	0,30—0,45	0,70—0,80
Поролон	0,45—0,54	0,25—0,32	—
Полиэтилен	0,40—1,0	0,49—1,0	—
Полиэтилен с консистентной смазкой ПВК (ГОСТ 10586-63)	0,10	0,10	—
Бетон, железобетон	0,33	0,33	—

пряжений, действующих на полиэтиленовую пленку. При этом следует пользоваться формулой:

$$\mu = \frac{\tau_п}{\sigma_п}, \qquad (14)$$

где $\tau_п$ — предельное сдвигающее напряжение по площади полиэтиленового образца при постоянной скорости сдвига, *кгс/см²*, $\sigma_п$ — нормальное сжимающее напряжение по площади полиэтиленового образца при постоянной скорости сдвига, *кгс/см²*

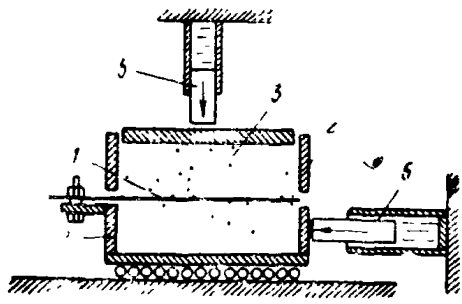

Рис. 2. Схема установки для определения коэффициента трения полиэтилена по песку

1—полиэтиленовый образец, *2*—подвижная каретка; *3*—песок, *4*—неподвижная обойма, *5*—гидравлические домкраты

Значения $\tau_п$ и $\sigma_п$ определяются с помощью установок по схеме на рис. 2

Примечание Для постоянных сооружений I и II классов высотой до 60 *м* величина μ должна быть уточнена при помощи полевых опытов

2.26. Устойчивость откоса, имеющего рассматриваемое противофильтрационное устройство и соответствующий защитный слой, должна проверяться по методу круглоцилиндрических или плоских поверхностей сдвига (см. п. 2.23).

При резком снижении горизонта воды в бьефе (перед экраном) или колебании его в больших пределах необходимо выполнять дополнительные расчеты устойчивости откоса, учитывающие особенности работы экрана в условиях неустановившегося режима фильтрации.

2.27. В том случае, когда прочностные (сдвиговые) характеристики грунтов по полиэтилену оказываются меньшими, чем прочностные (сдвиговые) характеристики грунтов, образующих тело

откоса, необходимо выполнять дополнительно к расчету, указанному в п. 2.26 второй расчет, предусматривающий возможность сдвига грунта защитного слоя по полиэтиленовой пленке (см. сноску к п. 2.23).

2.28. При наличии достаточно тонкого защитного слоя, толщиной δ, меньшей, например

$$\delta < 1 \div 5 \text{ м}, \tag{15}$$

вместо дополнительного расчета, указанного в п. 2.27, можно пользоваться следующими приближенными соображениями:

а) если

$$\frac{\mu}{\operatorname{tg}\beta} \geqslant k_{з_{доп}}, \tag{16}$$

то устойчивость защитного слоя на сдвиг его по пленке можно считать обеспеченной;

б) если

$$\frac{\mu}{\operatorname{tg}\beta} < k_{з_{доп}}, \tag{17}$$

то может произойти недопустимый сдвиг защитного слоя по пленке.

В формулах (16) и (17) обозначено:

β — угол наклона пленки к горизонту; $(k_з)_{доп}$ — допустимый коэффициент запаса устойчивости грунта: этот коэффициент следует назначать согласно СНиП, указанному в п. 2.23.

Сопряжение полиэтиленового противофильтрационного устройства с берегами, дном и с элементами бетонных сооружений

2.29. Для предотвращения контактной фильтрации между полиэтиленовым противофильтрационным элементом и примыкающими к нему бетонными сооружениями или грунтовыми (скальными) основаниями должны быть приняты меры, обеспечивающие надежное водонепроницаемое сопряжение и другие противофильтрационные мероприятия в основании и бортах.

2.30. Сопряжение полиэтиленового противофильтрационного элемента с грунтовым (скальным) основанием надлежит осуществлять с помощью штрабы, заполняемой пластичным материалом (глиной, суглинком и т. п.), или бетонного зуба, размеры которых определяются в соответствии с проектом.

2.31. Сопряжение полиэтиленового противофильтрационного элемента с грунтовым (скальным) основанием при помощи штрабы, заполняемой пластичным местным материалом, может быть осуществлено по одному из следующих типов:

а) заделка края полиэтиленового противофильтрационного элемента в глину или суглинок, заполняющие уширенную штрабу (см. рис. 3);

б) заделка края полиэтиленового противофильтрационного элемента в глину или суглинок, заполняющие глубокую штрабу (см. рис. 4);

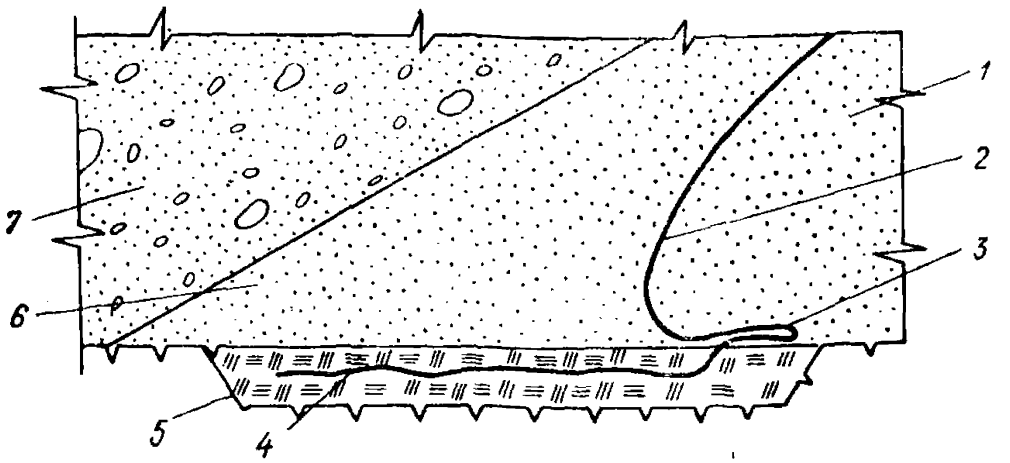

Рис. 3. Вариант конструкции узла сопряжения пленочного противофильтрационного устройства с уширенной штрабой

1—грунт подстилающего слоя; *2*—пленочный экран; *3*—напуск пленочного полотнища; *4*—заделанный край пленочного полотнища; *5*—пластичный грунт, заполняющий уширенную штрабу; *6*—грунт защитного слоя; *7*—пригрузка.

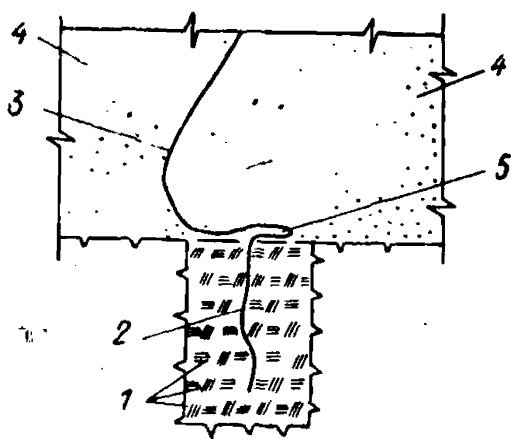

Рис. 4. Вариант конструкции сопряжения пленочного противофильтрационного устройства с глубокой штрабой

1—пластичный грунт, заполняющий глубокую штрабу и укладываемый слоями; *2*—заделанный край пленочного полотнища; *3*—пленочный противофильтрационный элемент; *4*—грунт защитного слоя; *5*—напуск пленочного полотнища.

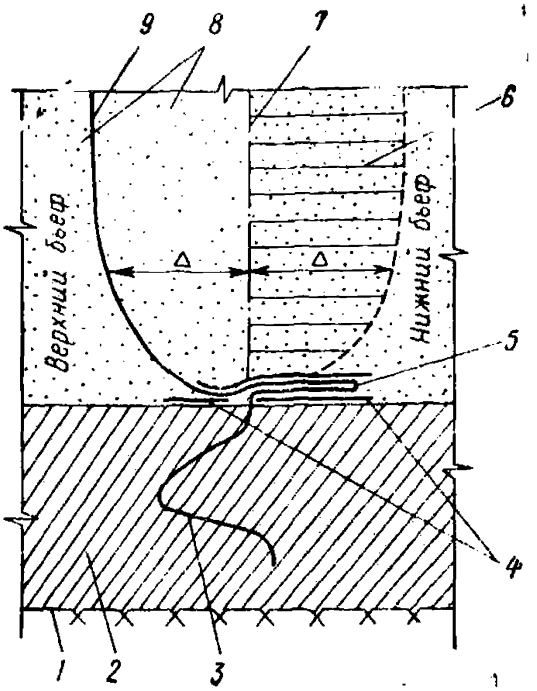

Рис. 5. Вариант конструкции узла сопряжения пленочного противофильтрационного устройства по типу заделки пленки в бетон

1—основание сооружения; *2*—бетон; *3*—забетонированный край пленочного полотнища; *4*—пленочные прокладки; *5*—напуск пленочного полотнища на бетон; *6*—эпюра смещений (Δ) грунта; *7*—ось проектного положения пленочного противофильтрационного устройства; *8*—грунт подстилающего и защитного слоев; *9*—начальное положение противофильтрационного устройства (до прохождения деформаций грунта).

Выбор типа сопряжения производится на основе технико-экономического сравнения вариантов с учетом конкретных условий строительства.

2.32. Сопряжение полиэтиленового противофильтрационного устройства с бетонной конструкцией может быть осуществлено по одному из следующих типов:

а) заделка края полиэтиленового противофильтрационного устройства в бетон сооружения, производимая одновременно с бетонированием сооружения (см. рис. 5) или после окончания бетонирования, с омоноличиванием края пленки в соответствующих штрабах или пазах;

б) прикрепление края полиэтиленового противофильтрационного устройства к бетону сооружения, производимое по окончании бетонирования сооружения (см. рис. 6).

Выбор типа сопряжения производится на основании рассмотрения конкретных условий строительства.

2.33. Заделка края противофильтрационного устройства в соответствии с п. 2.31 должна производиться таким образом, чтобы максимальный градиент фильтрационного потока, рассчитанный для наименьшего пути фильтрации в обход края противофильтрационного покрытия, уложенного в штрабу, не превосходил максимально допустимые градиенты для материала заполнителя штрабы.

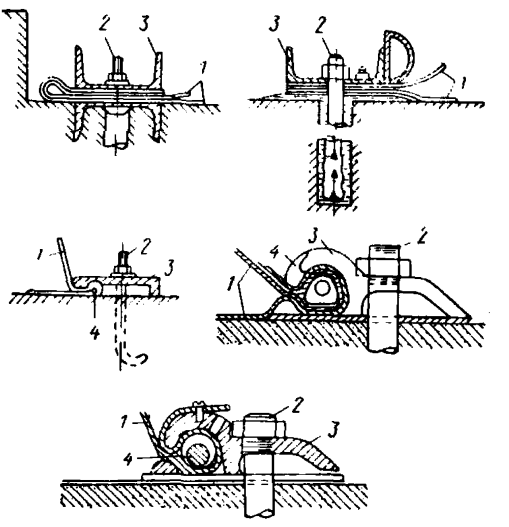

Рис. 6. Конструкции прижимных устройств для закрепления пленочных противофильтрационных покрытий

1 – пленка; *2* – анкерный болт; *3* – прижимной брус; *4* – вкладыш.

2.34. Длина заводимого в штрабу края противофильтрационного элемента, выполняемого в соответствии с п. 2.31, должна назначаться в соответствии с п. 2.33 и быть не менее величины L, устанавливаемой по формуле

$$L = 1{,}25\frac{\sigma^2_{доп}\delta}{p\mu E}, \qquad (18)$$

где $\sigma_{доп}$ и E принимаются соответственно по табл. 2 и 4 для средней температуры полиэтиленового противофильтрационного элемента в строительный период; p — минимальное нормальное давление грунта в строительный период, обжимающего край противофильтрационного устройства, заводимый в штрабу, определяется при проектировании, *кгс/см²*.

2.35. Сопряжение противофильтрационного устройства с бетоном должно выполняться таким образом, чтобы в бетоне был волнисто уложен край полиэтиленового полотнища длиной не менее 0,8 *м*.

2.36. Конструкция узла сопряжения по типу прикрепления края полиэтиленового полотна к бетонному сооружению должна обеспечивать водонепроницаемость сопряжения. В качестве уплотняющих прокладок рекомендуется мягкая резина, вспененная резина марки ПРП, эластичный пенопласт и др. Для дополнительной герметизации следует производить заливку или обмазку выполненного узла сопряжения битумной мастикой, разогретой до температуры не выше 75° С. При этом необходимо принимать меры, исключающие вытекание битумных мастик из узла под давлением воды.

2.37. При проектировании сопряжения по каждому типу следует предусматривать напуск полиэтиленового полотна в месте сопряжения. Величина напуска должна быть такой, чтобы скомпенсировать возможные деформации противофильтрационного элемента при его устройстве, но не менее 0,5 *м*.

Проектирование подстилающего и защитного слоев полиэтиленового противофильтрационного устройства

2.38. Толщина подстилающего и защитного слоев для экранов и диафрагм, а также максимальная крупность грунтовых включений в различных конструкциях полиэтиленового противофильтрационного устройства назначаются в соответствии с табл. 6.*

Таблица 6

Конструкция полиэтиленового противофильтрационного устройства	Минимальная толщина защитного грунтового слоя, *м*	Минимальная толщина подстилающего грунтового слоя, *м*	Максимальная крупность включений в грунтовом слое, *мм*
Полиэтиленовое полотнище толщиной 0,2 *мм* и более заключено между подстилающим и защитным слоями из несвязных грунтов	0,4—0,5	0,2—0,3	6,0
Полиэтиленовое полотнище толщиной 0,2 *мм* и более заключено между двумя полиэтиленовыми обкладками с толщинами 0,6 *мм* и более	1,0	0,2—0,3	40,0
Полиэтиленовое полотнище толщиной 0,2 *мм* и более заключено между поролоновыми обкладками толщиной 60,0 *мм* и более	0,4—0,5	0,2—0,3	40,0

Для сооружений I и II классов высотой до 60 *м* при применении грунтов, содержащих частицы диаметром более 6 *мм*, минимальные толщины защитных и подстилающих слоев должны

* Минимальная толщина защитного и подстилающего слоя дана без учета, возможных горизонтальных смещений.

быть дополнительно проверены испытаниями повреждаемости покрытий при их механизированной засыпке в условиях, близких к натурным. Минимальные толщины грунтовых слоев устанавливаются по условию недопустимости снижения механических характеристик полиэтилена (разрушающее напряжение при растяжении и относительное удлинение при разрыве) относительно величин, приведенных в п. 2.1. При этом в испытанных пленках недопустимы видимые сквозные отверстия.

2.39. Несвязные грунты, используемые в подстилающих и защитных слоях полиэтиленового противофильтрационного устройства, должны быть практически несуффозионными, т. е. при наличии отверстий и неплотностей в полиэтиленовом полотнище допускается вынос фильтрационным потоком частиц, в количестве не более 3% по весу.

2.40. Грунт следует считать практически несуффозионным, если его параметры удовлетворяют следующей зависимости:

$$d_3/d_{17} \geqslant N, \tag{19}$$

где

$$N = \left(0{,}32 + 0{,}016\frac{k_{60}}{\overline{10}}\right)\sqrt[6]{\frac{k_{60}}{\overline{10}}}\,\frac{n}{1-n}. \tag{20}$$

2.41. Коэффициент разнозернистости грунта защитных слоев полиэтиленового противофильтрационного устройства следует назначать из условия:

$$\frac{k_{60}}{\overline{10}} \leqslant 50. \tag{21}$$

2.42. Проектирование в подпорных сооружениях последующих переходных грунтовых слоев, сопрягающих связные или несвязные грунтовые защитные (подстилающие) слои с грунтом тела сооружения следует проводить в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию плотин из грунтовых материалов.

2.43. Применение дробленых и естественных крупнозернистых неокатанной формы грунтовых материалов в подстилающих и защитных слоях не допускается. При выполнении защитных и подстилающих слоев из бетона и железобетона следует принимать меры, исключающие возможность прокола полиэтиленового полотна по краям бетонных или железобетонных плит, или на неровностях бетонной поверхности. С этой целью следует использовать опалубку, обеспечивающую округленность углов и краев бетонных и железобетонных плит, прокладки из полиэтилена, резины и т. п.

2.44. Конструкция крепления верхового откоса в зоне воздействия на него волн, льда, плавающих предметов и т. п. должна исключать повреждение защитного слоя.

Расчет потребного количества пленки для устройства противофильтрационных элементов

2.45. При расчете количества пленки для противофильтрационного устройства определяют геометрические размеры экрана

или диафрагмы с учетом неровностей реальной поверхности и вводятся поправки на величину нахлеста при сварке рулонов и полотнищ и величину температурного изменения геометрических размеров. Площадь пленочного материала, требуемая для создания противофильтрационного устройства, вычисляется по формуле

$$S = 1{,}25\,(S_{\text{геом}} + C) + F, \qquad (22)$$

где $S_{\text{геом}}$ — геометрическая площадь экранируемой поверхности; C — суммарная площадь всех компенсаторов, напусков и т. п., 1,25 — коэффициент запаса на свободную, без натяжки, укладку материала (до 10% геометрической площади), на величину нахлеста и потерь при сварке рулонов в полотнища (до 5% геометрической площади) и полотнищ между собой (до 10% геометрической площади), F — приращение площади покрытия, обусловленное температурным изменением размеров полиэтиленового покрытия

2.46. Приращение площади покрытия, обусловленное температурным изменением размеров, следует определять по формуле

$$F = 2S_{\text{геом}}\,\alpha\,(t_{\text{у}} - t). \qquad (23)$$

2.47. При расчете площади противофильтрационного элемента следует учитывать возможный расход материала на проведение сварочных работ по отработке режимов сварки, на отбраковку участков пленки, поврежденных при транспортировках и т. п. Ориентировочный расход материала может составлять до 3% от геометрической площади экрана или диафрагмы.

3. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

Хранение, изготовление и транспортирование пленочных полотнищ

3.1. Полиэтиленовая пленка должна быть свернута в рулоны или сложена в пакеты и храниться до проведения сварочных работ в темном прохладном помещении не более 6 месяцев; в светлом помещении — не более 3-х месяцев.

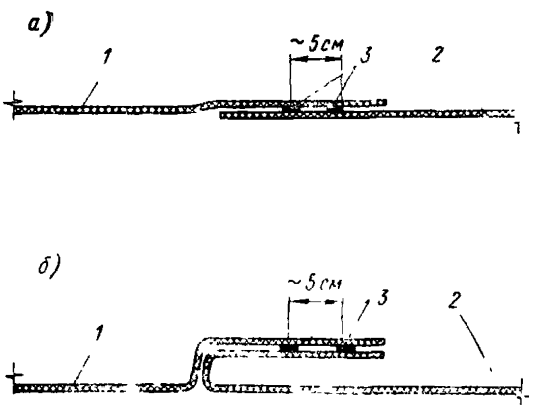

Рис. 7. Варианты соединений пленочных полотнищ

а — соединение полотнищ внахлест; *б* — Т-образное соединение полотнищ; *1* — первое пленочное полотнище, *2* — второе пленочное полотнище; *3* — сварные швы.

3.2. Технология изготовления полотнищ включает в себя два вида сварочных работ — сварку рулонов или пакетов пленки в полотнища в специальном помещении и сварку полотнищ между собой на месте укладки

В случае необходимости допускается сварка рулонов или пакетов пленки в полотнища непосредственно на месте укладки.

3.3. Рулоны или пакеты пленки свариваются между собой с таким расчетом, чтобы образовалось полотнище, удобное для транспортировки и укладки. Ширина полотнища может достигать 10—12 *м*, а длина 30—40 *м* и более. В зависимости от средств транспортировки, уклона экранируемого откоса, способов механизации и т. п. размеры полотнищ могут быть изменены.

3.4. Сварку пленочных материалов в специальном помещении рекомендуется производить одним из следующих аппаратов: импульсным полозом, термоимпульсными клещами КТИ-301, термоимпульсным аппаратом ТСТ-0,5-360, ручным экструдером ПСП-4Э, сварочным пистолетом ПСТ-2, ручным полуавтоматом ПСП-11, сварочной машиной МСМ-1 (см. приложение 3). Сварка может производиться с помощью горячего воздуха, инфракрасного излучения, ультразвука или аппаратами контактного нагрева. Режимы сварки подбираются опытным путем в зависимости от толщины полиэтиленового материала. Прочность сварного шва на раздир должна составлять не менее 60% прочности основного материала. Края свариваемых пленок соединяют между собой внахлест или Т-образным швом (рис. 7). Ширину нахлеста свариваемых пленок рекомендуется принимать равной не менее 5 *см*.



Рис. 8. Окантовка краев пленочных полотнищ

1 – защищаемый край пленочного полотнища; *2* – защитная окантовочная пленка; *3* – сварные швы.

3.5. Для предохранения свариваемых поверхностей от загрязнения рекомендуется в стационарных условиях производить окантовку краев изготовленных полотнищ привариванием или наклеиванием тонкой полиэтиленовой или другой пленки, липкой ленты и т. п. (рис. 8).

3.6. Сварочные машины устанавливаются в помещении площадью не менее 80 $м^2$. Помещение должно быть чистым, сухим и иметь подвод электроэнергии и воды.

3.7. При выполнении сварочных работ на стационарных машинах ведется журнал сварочных работ, форма которого дана в приложении 3. Для каждого сваренного полотнища составляется паспорт, форма которого дана в приложении 4.

3.8. В процессе сварки полотнищ должен производиться контроль качества сварных швов двумя способами. Первый способ предусматривает тщательный визуальный осмотр всех швов с целью обнаружения дефектов, для исключения которых производится повторная сварка. Второй способ предусматривает выборочный отбор образцов минимальным размером 20×3 *см* в количестве 5 штук на 100 *пог. м* шва с целью испытания их на раз-

рывных машинах, обеспечивающих отсчет нагрузки с точностью не менее 1%.

3.9. Сваренные полотнища следует сворачивать в рулоны или складывать в пакеты, а затем упаковывать в брезент, мешковину или отбракованные куски полиэтиленовой пленки с таким расчетом, чтобы полотнища были предохранены от механических повреждений и действия солнечных лучей.

3.10. Перевозка полотнищ, свернутых в рулоны, должна производиться транспортом для доставки крупногабаритных грузов.

Устройство подстилающего слоя

3.11. Укладка и тщательное выравнивание подстилающего слоя производятся с помощью строительных механизмов. Посторонние предметы и крупные включения удаляются. Подстилающий слой должен быть уплотнен.

3.12. Поверхность подстилающего слоя следует поддерживать в состоянии, исключающем возможность образования скоплений и застоев воды, например, с помощью придания ей уклона.

В грунте подстилающего слоя недопустимо оставлять скопления снега и льда, при оттаивании которых могут происходить неравномерные просадки полиэтиленового противофильтрационного устройства.

3.13. По подготовленному подстилающему слою проезд механизмов и автотранспорта не допускается.

3.14. Контроль качества подготовки подстилающего слоя заключается в осмотре подготовленного основания. При этом полагается следить, чтобы на поверхности отсутствовали крупные грунтовые частицы, ямы, каверны, посторонние включения и скопления частиц грунта максимальной фракции. В случае обнаружения дефектов подстилающего слоя должны быть приняты меры по их устранению.

Укладка и сварка полотнищ полиэтиленовых противофильтрационных элементов

3.15. Сваренные полотнища доставляются к бровке откоса и раскатываются на месте укладки преимущественно сверху вниз по откосу. Ходить по уложенным полиэтиленовым полотнищам допускается только в случае необходимости. При этом принимаются меры, исключающие повреждение пленки: подсыпка грунта, хождение в мягкой обуви и т. п. При выполнении противофильтрационных покрытий по типу вертикальных прямых диафрагм пленочные полотнища вывешиваются по оси диафрагмы при помощи, например, переставных стоек (рис. 9). При этом необходимо принимать меры, исключающие повреждение подвешенных полотнищ ветром.

3.16. Сварка полотнищ между собой на месте укладки производится преимущественно сварочными экструдерами, аппара-

тами контактного нагрева (рис. 10) или другими, обеспечивающими требуемое качество шва.

3.17. Сварка полотнищ между собой на месте укладки производится двойным швом с перекрытием не менее 0,2 *м*. При загрязнении свариваемых поверхностей необходима их тщатель-

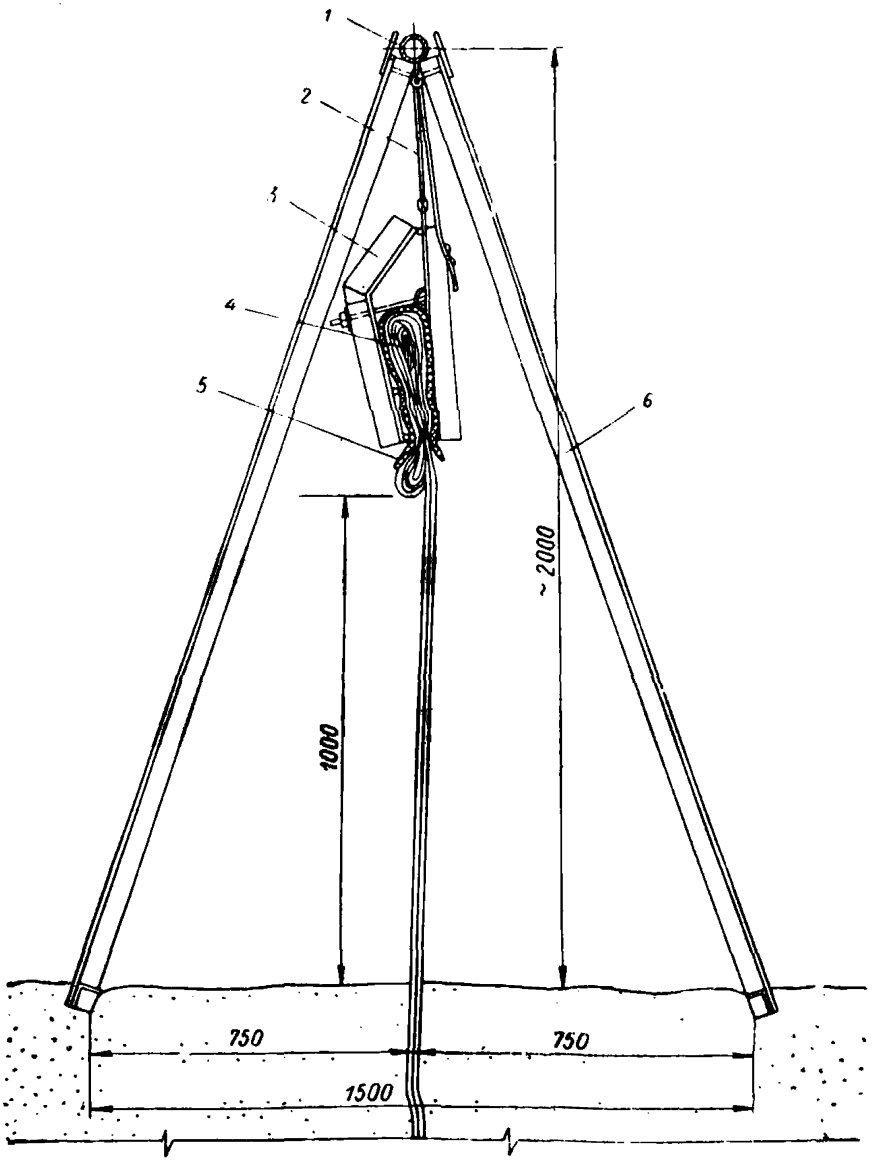

Рис. 9. Подвеска полотнищ перед засыпкой

1—продольная штанга (труба 57×3); *2*—канат капроновый; *3*—захват; *4*—рулон пленки; *5*—резиновая прокладка; *6*—козлы.

ная очистка, промывка и сушка, а в случае необходимости и обезжиривание спиртом, бензином и другими растворителями.

3.18. Контроль качества сварочных работ заключается в визуальном осмотре всех швов. При обнаружении дефектов сварки принимаются меры по их устранению. При требовании абсолютной водонепроницаемости противофильтрационных устройств герметичность сварных соединений должна быть дополнительно проверена геофизическим методом, электроискровым дефектоскопом или другими способами. Для проверки водонепроницае-

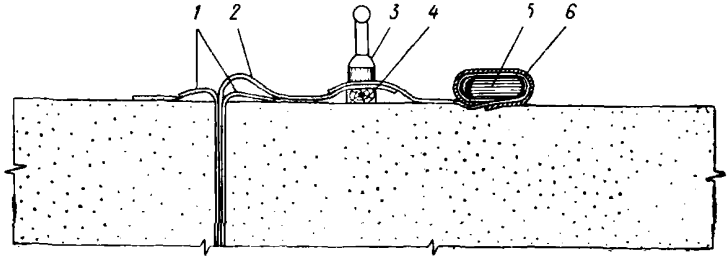

Рис. 10. Сварка рабочих полотнищ пленки на месте укладки
1—защитная пленка; *2*—рабочая пленка; *3*—импульсный полоз; *4*—подложка; *5*—рулон; *6*—защита рулона брезентом.

мости электроискровым дефектоскопом перед осуществлением сварки необходимо заводить в швы полосы металлической фольги, как указано на рис. 11.

3.19. При экспериментальном обосновании полиэтиленовые полотнища допускается соединять между собой склеиванием, скручиванием краев или нахлестом краев полотнищ друг на друга.

Для склеивания может быть использована кумароно-наиритная мастика КН-3 следующего состава (в % % по весу):

Инден—кумароновая смола Н (ГОСТ 9263—66) . . .	20
Хлоропреновый каучук—наирит В (ТУ 9562—54р) . .	5
Наполнитель—каолин ∅ ср=0,17 *мм*	30
Пластификатор—дибутилфталат (ГОСТ 2102—67) . .	5
Растворитель—этилацетат+дихлорэтан+бензин . . .	40

Мастика наносится на края полотнищ кистью на ширину не менее 20 *см*.

При соединении полотнищ скручиванием или нахлестом краев минимальная ширина соединений назначается равной 1,0 *м* и более.

3.20. Установку противофильтрационного элемента целесообразно осуществлять в безветренную погоду. Уложенное или вывешенное полотнище должно быть засыпано грунтом по возможности в кратчайший срок.

3.21. Контроль за производством работ и качеством укладки полотнищ заключается в осмотре подстилающего слоя непосредственно перед укладкой полотнищ (п. 3.14) и осмотре уложенных полотнищ и швов в соответствии с указаниями пп. 3.15 и 3.18. В случае обнаружения дефектов пленочного полотнища должны быть приняты меры по их устранению.

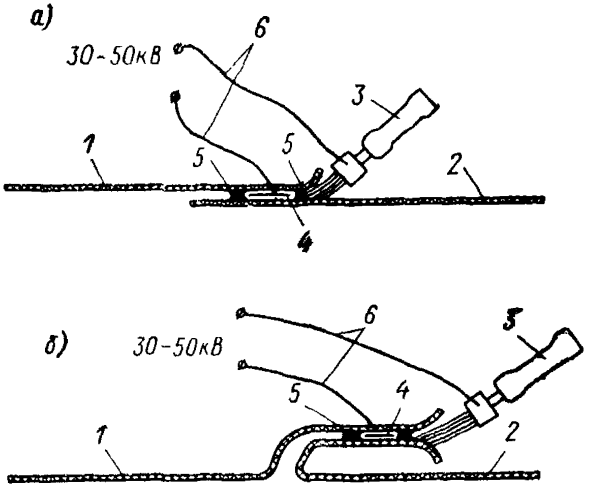

Рис. 11. Схема проверки водонепроницаемости сварных швов

а—соединение полотнищ внахлест; *б*—Т-образное соединение полотнищ. *1*—первое полотнище; *2*—второе полотнище, *3*—медная щетка с ручкой из диэлектрика; *4*—лента из металлической фольги; *5*—сварной шов; *6*—проводники высокого напряжения, (источником высокого напряжения может служить, например, магдино типа М47Б-1).

Устройство защитного слоя и пригрузки

3.22. Отсыпка, разравнивание и уплотнение грунтового защитного слоя экрана или грунтовых защитных слоев диафрагмы могут производиться с помощью строительных механизмов (рис. 12). Допускается заезд на откос с уложенным защитным слоем автосамосвала грузоподъемностью не более 10 *т* с полной нагрузкой и сбрасывание грунта из кузова автосамосвала при толщине защитного слоя не менее указанной в табл. 6, п. 2.38. В начальной стадии работ по устройству защитного слоя грунт сгружается на край полиэтиленового полотнища, а затем перемещается и разравнивается бульдозером.

3.23. При специальном обосновании допускается устройство защитного слоя экрана из бетона или железобетона. При бетонировании плит на месте во избежание повреждения пленки, арматурные сетки следует укладывать на подкладки из резины или

мягких пластиков, не допуская соприкосновения сетки с пленкой. Допускается также подкладывать окатанные валуны диаметром не более 100 *мм* с пленочной прокладкой. Уплотнение бетонной смеси вибратором следует вести снизу вверх, не допуская оползания смеси.

При укладке сборные плиты должны иметь гладкую поверхность и закругленные ребра. Не допускаются сдвиги плит по пленке при их укладке и эксплуатации сооружения.

3.24. Устройство защитного слоя экрана рекомендуется вести равномерно по всей площади укладываемых полиэтиленовых полотен снизу вверх по откосу.

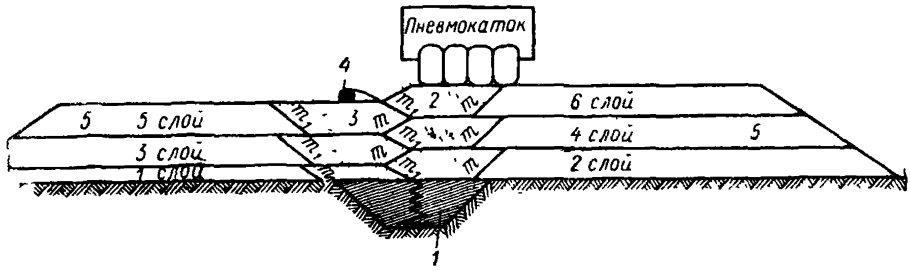

Рис. 12. Вариант устройства вертикальной пленочной диафрагмы

1—забивка зуба глиной, суглинком или бетоном, *2*—подстилающий слой—песок, супесь, *3*—защитный слой—супесь, песок, мелкая гравийсса, *4*—полиэтиленовая диафрагма—укладка рулонов при отсыпке шестого слоя, *5*—тело плотины из крупнообломочного материала, *m*—заложение, соответствующее естественному откосу подстилающего слоя, m_1—заложение, соответствующее естественному откосу защитного слоя.

3.25. Направление перемещения и разравнивания грунтового защитного слоя бульдозером должно назначаться с таким расчетом, чтобы нахлест уложенных полотнищ прижимался грунтом и грунт не попадал под край нахлеста Развороты строительных механизмов на месте не допускаются.

3.26. Заделку пленки экранов и диафрагм в берега и элементы бетонных сооружений и устройство компенсаторов желательно выполнять после отсыпки и уплотнения защитного слоя. При невозможности такого осуществления сопряжений целесообразно стремиться к тому, чтобы работы на участках заделки пленки велись с отставанием по времени от работ по засыпке и уплотнению защитного слоя.

3.27. Контроль качества работ по устройству защитного слоя ставит своей целью соблюдение его проектной толщины.

В случае заезда строительных механизмов на грунтовый защитный слой при толщине, менее проектной, необходимы удаление грунта защитного слоя в месте заезда и визуальная проверка целостности полиэтиленового полотнища, а, при необходимости, — и его ремонт. Состояние полотнища считается удовлетворительным, если в нем отсутствуют видимые отверстия.

3.28. Для крепления защитного слоя (например, при волновом воздействии) используются местные грунты, железобетонные плиты, асфальтобетон и др. Выполнение крепления осуществляется обычными методами общестроительных работ.

3.29. Контроль качества работ по созданию крепления заключается в недопущении повреждения защитного слоя.

3.30. При выполнении защитных слоев вертикальных пленочных диафрагм должны соблюдаться положения, изложенные в пп. 3.22; 3.26; 3.27; 3.28 и 3.29.

Строительные механизмы не должны приближаться к вертикально подвешенным полотнищам на расстояние, меньшее толщины защитного слоя.

Рекомендуется производить легкое уплотнение грунта защитных слоев диафрагмы непосредственно в зоне их примыкания к пленке. Грунт защитных слоев не должен содержать крупных камней, корней и подобных включений, способных повредить полиэтиленовое полотнище.

3.31. В случае, когда противофильтрационный элемент расположен в жизнедеятельном слое грунта, подстилающие и защитные грунтовые слои необходимо подвергать специальной обработке для исключения повреждений пленки грызунами и растениями. Вид материалов, используемых для обработки, их дозировка, а также порядок и способ внесения в грунт, зависят от конкретных условий строительства и эксплуатации и решаются применительно к данному сооружению.

Выполнение сопряжений полиэтиленовых противофильтрационных устройств с берегами, дном и бетонными сооружениями

3.32. Сопряжение полиэтиленового противофильтрационного устройства с грунтовыми (скальными) основаниями и элементами бетонных сооружений должно производиться в соответствии с пп. 2.29—2.37.

3.33. Сопряжение полиэтиленового полотнища с грунтовыми (скальными) основаниями по указаниям п. 2.31, а выполняется с соблюдением правил устройства грунтовых подстилающего и защитного слоев (пп. 3.11—3.14; 3.20—3.22; 3.24—3.30). При этом в обязательном порядке производится уплотнение глины или суглинка, заполняющих уширенную штрабу.

3.34. Сопряжение полиэтиленового полотнища с грунтовыми (скальными) основаниями по указаниям п. 2.31, б выполняется путем послойного заполнения штрабы глиной или суглинком с обязательным его послойным уплотнением. Заделываемый край полиэтиленового полотнища размещается в штрабе без натяжения.

3.35. Сопряжение полиэтиленового полотнища с грунтовыми (скальными) основаниями или бетонными сооружениями по указаниям п. 2.32, а выполняется так, чтобы край полиэтиленового

полотнища, находящийся в бетоне, имел несколько (2—3) перегибов.

3.36. Сопряжение полиэтиленового полотнища с грунтовыми (скальными) основаниями или бетонными сооружениями по рекомендациям п. 2.32, б выполняется после бетонирования сооружения и снятия опалубки. Первый этап осуществления сопряжения заключается в подготовке бетонной поверхности — зачистке, нанесении битумной гидроизоляции и очистке закладных частей. На втором этапе укладываются резиновые или другие прокладки, край полиэтиленового полотнища пропускается через анкера, вновь укладываются прокладки и узел прикрепления обжимается при помощи анкеров деревянными, металлическими или другими прижимными элементами. Третий этап заключается в дополнительной обмазке узла битумной мастикой.

3.37. По окончании устройства узла сопряжения выполняются компенсационные складки в виде напусков материала в месте его сопряжения с дном, берегами или бетонными сооружениями.

3.38. Контроль качества осуществления узла сопряжения полиэтиленового противофильтрационного устройства заключается в наблюдении за выполнением правил устройства сопряжения и тщательном осмотре состояния пленки на каждом этапе работ. В случае обнаружения дефектов должны быть приняты меры по их устранению. В случае несоблюдения правил устройства сопряжения производится повторная заделка или прикрепление полотнища, а при необходимости изготавливается новое пленочное полотнище.

3.39. В проекте плотин из грунтовых материалов с полиэтиленовыми противофильтрационными устройствами необходимо предусматривать установку контрольно-измерительной аппаратуры для проведения натурных наблюдений за работой сооружений как в процессе строительства, так и в период его эксплуатации: для оценки надежности объекта, своевременного выявления дефектов, назначения ремонтных мероприятий предотвращения аварий и улучшения условий эксплуатации.

3.40. Состав, объемы и сроки проведения натурных наблюдений и размещение контрольно-измерительной аппаратуры должны определяться проектом натурных исследований, который является неотъемлемой частью проекта плотины с полиэтиленовым противофильтрационным устройством.

3.41. Наблюдения за состоянием и работой полиэтиленовых противофильтрационных устройств являются обязательными и включают в себя:

а) наблюдения за фильтрацией и фильтрационными деформациями тела плотины, за работой дренажных устройств и отметками воды в пьезометрах; особое внимание следует уделять выявлению возможных сосредоточенных фильтрационных потоков;

б) наблюдения за фильтрацией через сопряжения полиэтиленового противофильтрационного устройства с берегами, основанием и бетонными сооружениями;

в) наблюдения за осадками основания, тела плотины и деформациями откосов;

г) наблюдения за повреждениями защитного слоя и пригрузками ледяным покровом.

3.42. Уход за полиэтиленовыми противофильтрационными устройствами включает в себя:

а) устранение дефектов и повреждений наружных поверхностей сооружений (каверны, оползание откосов, берм, незатопляемых частей) в зоне расположения полиэтиленовых противофильтрационных элементов;

б) запрещение производства земляных работ в зоне расположения полиэтиленовых противофильтрационных устройств без соответствующего согласования.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИЭТИЛЕНА

Показатели	По ГОСТ 10354-73	По данным экспериментальных исследований
Молекулярный вес	—	18000—35000
Индекс расплава, *г/10 мин*	—	0,2—15,0
Плотность, *г/см*^{3}	—	0,919—0,925
Степень кристалличности, %	—	55—70
Разрушающее напряжение при растяжении, *кгс/см*^{2}	*120—150*	—
Относительное удлинение при разрыве, %	100—450	—
Температура размягчения, °С	—	108—120
Теплопроводность, *кал/сек·см·град*	—	0,00070
Удельная теплоемкость при 25°С, *кал/град*	—	0,50—0,68
Коэффициент линейного расширения в интервале температур, °С:		
от —50° до 0°	—	0,00015
от 0° до 10°	—	0,00014
от 10° до 30°	—	0,00018
от 30° до 40°	—	0,00029
от 40° до 50°	—	0,00030
от 50° до 60°	—	0,00033
от 60° до 70°	—	0,00034
Водопоглощение за 30 суток при 20°С, %	—	0,035—0,22
Температура хрупкости (морозостойкость), °С	—	ниже —60

Приложение 2

ПРИМЕР РАСЧЕТА ТОЛЩИНЫ ПОЛИЭТИЛЕНОВОГО ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОГО ЭЛЕМЕНТА

В качестве примера рассмотрим запроектированную плотину II класса с полиэтиленовым экраном, сопрягающимся в основании с цементационной завесой. Напор $H=40$ *м*. В случае выхода из строя экрана по истечении 50 лет, проектом предусмотрены мероприятия по замене экрана на новый.

С целью экономии пленки за счет уменьшения ее толщины на верхних участках экрана, разобьем плотину по высоте на несколько, например, на два участка с максимальными напорами $H_1=25$ *м* и $H_2=40$ *м*.

В качестве подстилающего и защитного слоев применяется песчано-гравийный грунт с максимальным диаметром грунтовых частиц 40 *мм* и диаметром пор грунта $d=10$ *мм*.

Расчетные температуры экрана составляют для второго участка $+5°$ С ($H_2=40$ *м*), для первого участка $+10°$ С ($H_1=25$ *м*).

Проведем предварительный выбор толщины пленочного экрана. Для этого по табл. 2 и 4 назначаем допускаемые напряжения и модули упругости для полиэтиленовой пленки.

Для 1-го участка с расчетной температурой 10° С $\sigma_{доп}=28$ *кгс/см*^{2}, $E_1=574$ *кгс/см*^{2};

для 2-го участка с расчетной температурой 5° С $\sigma_{доп}=30$ *кгс/см*^{2}; $E_2=672$ *кгс/см*^{2}.

Откорректируем полученные величины $\sigma'_{доп}$ и $\sigma''_{доп}$ в соответствии с табл. 3: $\sigma_{доп}=28.0{,}85=23{,}8$ *кгс/см*^{2}; $\sigma_{доп}=30\,0{,}85=25{,}5$ *кгс/см*^{2}. Так как $d<22$ *мм*, то по формуле (11) получаем следующие значения толщины пленочного экрана:

для 1-го участка с напором $H_1=25$ *м*; $\delta=0{,}359$ *мм*;

для 2-го участка с напором $H_2=40$ *м*; $\delta=0{,}557$ *мм*.

Для первого участка принимаем толщину пленки 0,4 *мм*, для второго — 0,6 *мм*.

Учитывая, что отношение $\delta/d=0{,}6/10=0{,}06<0{,}2$ устанавливаем характеристики полиэтилена по пп. 2.4—2.5; 2.8; 2.10 и 2.11. С этой целью в лабораторных условиях проводим испытания пленочного материала.

Испытания первой группы образцов полиэтиленовой пленки при температуре $+18°$ С показали, что разрушающее напряжение при растяжении равно 115 *кгс/см*^{2}. Испытание второй группы образцов при температуре $-20°$ С дали разрушающее напряжение, равное 200 *кгс/см*^{2} (перед испытанием образцы термостатировались в течение 4 часов при температуре $-20°$ С и затем испытывались, как и образцы в первой группе, при $+18°$ С).

По результатам испытаний в соответствии с п. 2.5 составляем систему уравнений:

$$\left.\begin{aligned} 115 &= A\exp\left(\frac{B}{273+18}\right) \\ 200 &= A\exp\left(\frac{B}{273-20}\right) \end{aligned}\right\},$$

из которой $A=2{,}69$; $B=1090$.

В соответствии с п. 2.5 величину допускаемых напряжений вычисляем по формуле:

$$\sigma_{доп}=0{,}538\exp\left(\frac{1090}{t+273}\right),$$

откуда для первого участка

$$\sigma'_{доп}=25{,}2\ кгс/см^2;$$

для второго участка

$$\sigma''_{д(п} = 27{,}0 \ кгс/см^2.$$

Корректируя полученные значения допускаемых напряжений в соответствии с табл. 3, окончательно получаем:

$$\sigma'_{доп} = 21{,}4 \ кгс/см^2; \ \sigma''_{доп} = 23{,}0 \ кгс/см^2.$$

Модуль упругости полиэтилена в зависимости от напряжения и температуры определяем в соответствии с п. 2.11 испытанием четырех групп полиэтиленовых образцов. К первым двум группам образцов, находящихся при температуре 18° С, прикладываем две постоянные нагрузки, вызывающие в образцах напряжения: в первой группе $\sigma_1 = 10$ *кгс/см²* и во второй $\sigma_2 = 20$ *кгс/см²*. Систематические измерения относительной деформации образцов с точностью 0,5% показали, что после 10 часов испытания, удлинения образцов оставались практически без изменений.

Средние величины относительного удлинения для первой и второй групп образцов получились соответственно равными $\varepsilon_1 = 0{,}015$; $\varepsilon_2 = 0{,}0598$.

Определяем коэффициенты A' и k' из системы уравнений (3)

$$\left.\begin{aligned} \frac{10}{0{,}015} &= \frac{A'}{10^{k'}}, \\ \frac{20}{0{,}0598} &= \frac{A'}{20^{k'}}, \end{aligned}\right\}$$

где $A' = 6200$; $k' = 0{,}968$.

Испытания повторяем на третьей и четвертой группах образцов, помещенных в теплоизолированную ванну, заполненную водой и льдом при температуре 0° С. В третьей группе образцов поддерживалось напряжение 10 *кгс/см²*, в четвертой — 20 *кгс/см²*. По истечении 8 часов удлинения образцов оставались практически без изменений; $\varepsilon_3 = 0{,}0087$; $\varepsilon_4 = 0{,}023$.

Аналогично получаем значения: $A'' = 2960$; $k'' = 0{,}412$.

Определяем коэффициенты B_0 и M из системы уравнений (5)

$$\left.\begin{aligned} \frac{6200}{\sigma^{0{,}968}} &= B_0 \exp\left(\frac{M}{273+18}\right); \\ \frac{2960}{\sigma^{0{,}412}} &= B_0 \exp\left(\frac{M}{273+0}\right); \end{aligned}\right\}$$

$$B_0 = \frac{3{,}65 \cdot 10^8}{\sigma^{8{,}67}}; \quad M = 10^4 \lg \frac{\sigma^{0{,}49}}{2{,}09}.$$

И в соответствии с формулой (6) п. 2.11, е получаем окончательную зависимость:

$$E = \frac{3{,}65 \cdot 10^8}{\sigma^{8{,}67}} \exp\left(\frac{10^4}{t+273} \lg \frac{\sigma^{0{,}49}}{2{,}09}\right).$$

Для назначенных ранее толщин пленочного экрана определим максимальные растягивающие напряжения. Рассмотрим 1-й участок. Предполагая, что максимальные напряжения в покрытии близки к допускаемым, вычисляем модуль упругости полиэтилена

$$E = \frac{3{,}65 \cdot 10^8}{21{,}4^{8{,}67}} \exp\left(\frac{10^4}{273+10} \lg \frac{21{,}4^{0{,}49}}{2{,}09}\right) = 460 \ кгс/см^2;$$

по формуле (7) получаем:

$$\sigma = 0{,}0347 \sqrt[3]{460\left(\frac{25 \cdot 10^{1{,}03}}{0{,}4}\right)^2} = 20{,}5 \ кгс/см^2 < \sigma'_{доп}.$$

Так как полученное напряжение близко к напряжению, для которого был подсчитан модуль упругости, дальнейшего уточнения величины модуля не производим.

Аналогично, для второго участка экрана имеем:

$$E = 578 \ кгс/см^2; \ \sigma = 23 \ кгс/см^2 = \sigma''_{доп}.$$

Следовательно, принятые ранее толщины участков пленочного экрана можно считать окончательными.

Однако учитывая возможность возникновения в покрытии температурных напряжений, укладку экрана желательно производить при температурах окружающего воздуха ниже 5° С и не допускать нагрева пленки солнечными лучами. Если температура окружающего воздуха в период укладки экрана будет равна 15° С, а полотнище не защищено от прямых солнечных лучей, температура его может достигнуть 30° С. В период эксплуатации возможно появление температурных напряжений в экране, равных:

$$\sigma_t = 0{,}00018(30-5) \cdot 672 = 3{,}03 \ кгс/см^2,$$

где E — взят по табл. 4 для температуры 5° С;

$$t_у = 30°\text{ С}; \ t = 5°\text{ С}.$$

Следовательно, толщина пленки должна быть увеличена в соответствии с указаниями п. 2.22.

Конструкцию экрана проектируем с выпуклостью в сторону верхнего бьефа. Величину выпуклости принимаем, исходя из максимально возможных вертикальных деформаций грунта тела плотины, равных 5% высоты плотины, и горизонтальных смещений, равных 2/3 вертикальных.

Так как максимальная крупность частиц в подстилающем слое равна 40 *мм*, толщина защитного слоя грунта устанавливается равной 1,0 *м* (см. табл. 6); для устройства защитного и подстилающего слоев экрана применяются несуффозионные грунты. В заключение должна быть произведена проверка повреждаемости покрытия при механизированной надвижке и уплотнении защитного слоя в условиях, близких к натурным, по п. 2.38.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ

1. Импульсный полоз

Импульсный полоз является аппаратом контактного нагрева. Ручка полоза имеет специальное устройство, обеспечивающее подачу электрического тока в момент сварки (импульсная сварка). На теле полоза укреплены пружины, создающие натяжение двух параллельных нихромовых нагревательных элементов. Нагревательные элементы расположены на фторопластовой прокладке. Сварка полозом производится через фторопластовую или целлофановую пленку. Импульсным полозом свариваются пленки толщиной до 0,4 *мм*.

Импульсный полоз конструкции ВНИИГ имеет только один нагревательный элемент.

Техническая характеристика импульсного полоза:

Напряжение питания, *В*	50—70
Сила тока, *А*	1,5—2,5
Скорость сварки, *м/мин*	0,5—2,0

Импульсные полозы просты по конструкции и могут быть изготовлены ремонтно-механическими мастерскими.

2. Термоимпульсные клещи КТИ-301

Термоимпульсные клещи КТИ-301 являются переносным аппаратом, предназначенным для сварки пакетов и чехлов из термопластичных материалов в полевых условиях. Сварка производится только Т-образным швом. Нагрев свариваемых материалов производится с двух сторон.

Техническая характеристика термоимпульсных клещей КТИ-301

Толщина свариваемой пленки, *мм*	0,5+0,5
Ширина шва, *мм*	4
Длина шва за один цикл сварки, *мм*	150
Напряжение питающей сети, *В*	220
Потребляемая мощность, *кВА*	0,3
Габариты клещей, *мм*	36×210×143
Габариты блока питания, *м*	310×185×205
Масса установки, *кг*	8,3

Опытные образцы термоимпульсных клещей изготовлены в Институте электросварочного оборудования — ВНИИЭСО, Ленинград.

3. Термоимпульсный аппарат ТСП1-0,5-360

Термоимпульсный аппарат ТСП1-0,5-360 представляет собой разновидность термоимпульсных клещей КТИ-301 в стационарном исполнении.

Техническая характеристика аппарата ТСП1-0,5-360

Напряжение питающей сети, *В*	220
Потребляемая мощность, *кВА*	500
Размеры шва (при разовом включении), *мм*:	
длина	360
ширина	2
Суммарная толщина свариваемых пленок, *мм*	0,06—1
Время сварки, *сек*	0,5—5
Расход воды на охлаждение, *м³/ч*	0,1
Габаритные размеры, *мм*	
в плане	560×510
высота	925
Масса аппарата, *кг*	38

4. Ручной экструдер ПСП-4Э

Ручной экструдер с электрическим или пневматическим приводом является малогабаритным аппаратом, предназначенным для сварки термопластичных материалов различной толщины методом экструдированной присадки. Присадочный полиэтиленовый пруток подается в обогреваемый спиралями тубус экструдера. Вращающийся внутри тубуса шнек гомогенизирует расплавленный пруток и проталкивает расплав к соплу, откуда расплавленный полиэтилен выходит непрерывной вязкой струей. Расплав разогревает кромки двух полиэтиленовых пленок и сваривается с ними.

Техническая характеристика ручного экструдера ПСП-4Э

Напряжение питания, *В*	220
Температура расплава, °С	200+220
Скорость выхода расплава, *м/мин*	0,3—0,6
Диаметр присадочного прутка, *мм*	3

5. Сварочный пистолет ПСТ-2

Сварочный пистолет предназначен для сварки термопластичных пленок, листов, труб и др. Принцип работы основан на соединении термопластов при помощи соответствующего присадочного материала, который в расплавленном состоянии выдавливается шнеком из нагревателя и вводится в шов.

Особенность пистолета состоит в том, что через нагревательную камеру аппарата пропускается воздух или газ, обеспечивая сохранение температуры присадочного прутка и изоляцию зоны сварки от кислорода воздуха, что предохраняет материал в области шва от окислительной деструкции.

Техническая характеристика пистолета ПСТ-2

Напряжение питания привода, *В*	3×330/380
Напряжение питания нагревателя, *В*	36
Мощность привода, *ВА*	120
Число оборота шнека, *об/мин*	60—70

Расход гранулированного термопласта в зависимости от диаметра прутка, *г/пог. м*	6—30
Скорость сварки, *м/мин*	
для листов	2—5
для пленки	10—18
Диаметр выдавливаемого прутка, *мм*:	
для листов	5—10
для пленки	1,5—3
Толщина свариваемых материалов, *мм*:	
для пленки	до 0,5
для листов	до 10

6. Ручной полуавтомат ПСП-11

Ручной полуавтомат предназначен для сварки термопластических пленок односторонним контактным нагревом. Полуавтомат позволяет соединять пленки как нахлесточным, так и Т-образным швом. При этом полуавтомат передвигается вдоль свариваемого шва, обеспечивая постоянство удельной мощности нагревателя, скорости перемещения и давления. В качестве подложки используется пористая (губчатая) резина или байка, сложенная в 4—6 слоев. Сварка производится через фторопластовую или целлофановую пленку.

Техническая характеристика ручного полуавтомата ПСП-11

Напряжение питания, *В*	220
Суммарная толщина свариваемых пленок, *мм*	до 0,5
Производительность сварки, *м/мин*	2—10

7. Сварочная машина МСМ-1

Машина предназначена для сварки термопластичных пленок Т-образным швом как в стационарных, так и в полевых условиях двухсторонним контактным нагревом. Для исключения возможного прилипания свариваемой пленки к металлическим сварочным лентам, периодически (два — три раза в смену) рабочие поверхности лент смазываются полиэтилосилоксановой жидкостью №№ 1 и 2 (ТУ МХП 2416—54).

При сварке пленок машина обычно продвигается вдоль шва. В случае сварки малогабаритных полотнищ машина закрепляется при помощи зажима на столе, а полотнище в процессе сварки продвигается сварщиком.

Техническая характеристика сварочной машины МСМ-1

Напряжение питания, *В*	220/127
Потребляемая мощность, *ВА*	250
Суммарная толщина свариваемых пленок, *мм*	от 0,1 до 1,0
Скорость сварки, *м/мин*	0,8—2,25
Габаритные размеры, *мм*:	
длина	370
ширина	120
высота	120
Масса (без подводящего кабеля и пульта управления), *кг*	5,5

Приложение 4

ФОРМА ЖУРНАЛА СВАРКИ ПОЛОТНИЩ

№ полотнища	Дата выпуска пленки заводом	Толщина пленки	Ширина пленки в рулоне	Длина пленки в рулоне	Вид стабилизации	Вид сварки	Дата сварки	Размеры сваренного полотнища	Вес сваренного полотнища	Примечание

Форма паспорта полотнища

1. Объект _____
2. Полотнище № _____
3. Толщина пленки _____
4. Размеры полотнища _____
5. Вес полотнища _____
6. Дата сварки полотнища _____
7. Вид стабилизации _____
8. Мастер участка _____
9. Примечание _____

_____

Дата „_____" _____ 19 г.

Подпись:

Приложение 5

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ВЫПОЛНЕННЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПЛЕНОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Полимерный экран плотины Терцаги (Канада, 1960)

Конструкция плотины с полимерным экраном приведена на рис. 13. Высота плотины 60 *м*. Площадь экрана 9300 *м*^{2}. Тол-

щина поливинилхлоридной пленки 0,76 *мм*. Максимальный напор на экран приблизительно 40 *м*. Сопряжение пленки с подземным противофильтрационным контуром на шпунте плотины

Применялась поливинилхлоридная пленка с шероховатой поверхностью С целью уменьшения напряжений в экране при воз-

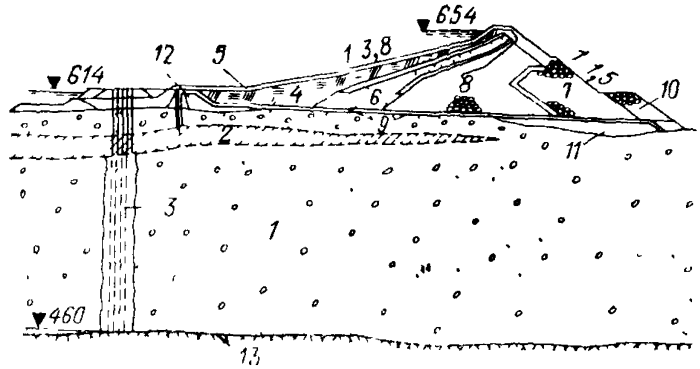

Рис. 13 Плотина Терцаги

1 песчано-гравийные грунты, *2*—прослойка глины, *3*—противофильтрационная завеса, *4*—глиняный экран, *5*—поливинилхлоридная пленка и защитный слой, *6*—переходные слои, *7*—несортированная каменная наброска; *8* сортированная каменная наброска, *9*—подошвенный фильтр, *10* дренажная призма, *11*—выравнивающая отсыпка, *12* старая плотина, *13* кровля коренных пород

можных деформациях тела плотины экран укладывался в форме свода.

Весной 1969 г. после сработки водохранилища было произведено обследование состояния плотины, которое показало, что, несмотря на крайне тяжелые геологические условия, состояние плотины вполне удовлетворительное

Экран плотины Добчина
(*Чехословакия, 1960 г*)

Плотина имеет комбинированный экран (рис. 14), состоящий из двух слоев волнистых железобетонных плит, между которыми находится поливинилхлоридное покрытие толщиной 1,1 *мм*. Под экраном устроен дренаж, сообщающийся со смотровой потерной в осно-

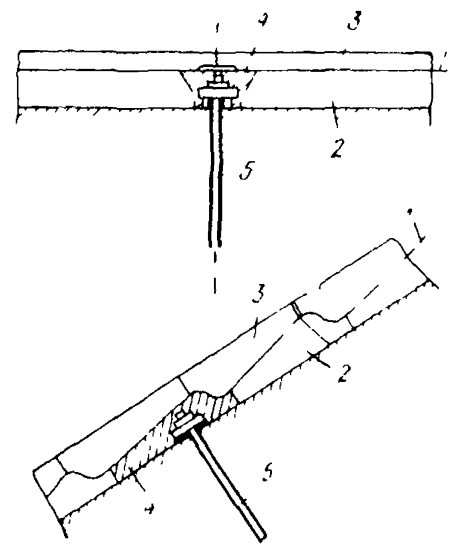

Рис 14. Экран плотины Добчина (деталь)

1—прослойка из поливинилхлоридной пленки, *2* нижний слой из сборных элементов, *3*—верхний слои из сборных элементов, *4*—элемент для закрепления анкера, *5*—анкер

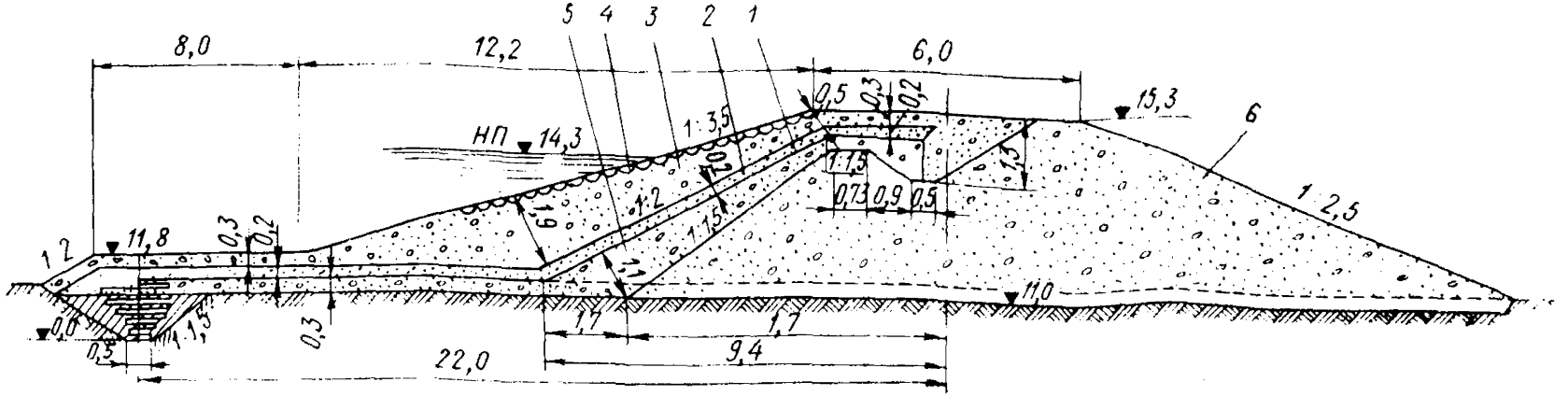

Рис. 15. Плотина на р. Кара-Су

1 – экран из полиэтиленовой пленки; *2* – защитный слой; *3* – пригрузка; *4* – одиночная мостовая; *5* – подэкрановый слой; *6* – тело плотины из галечника.

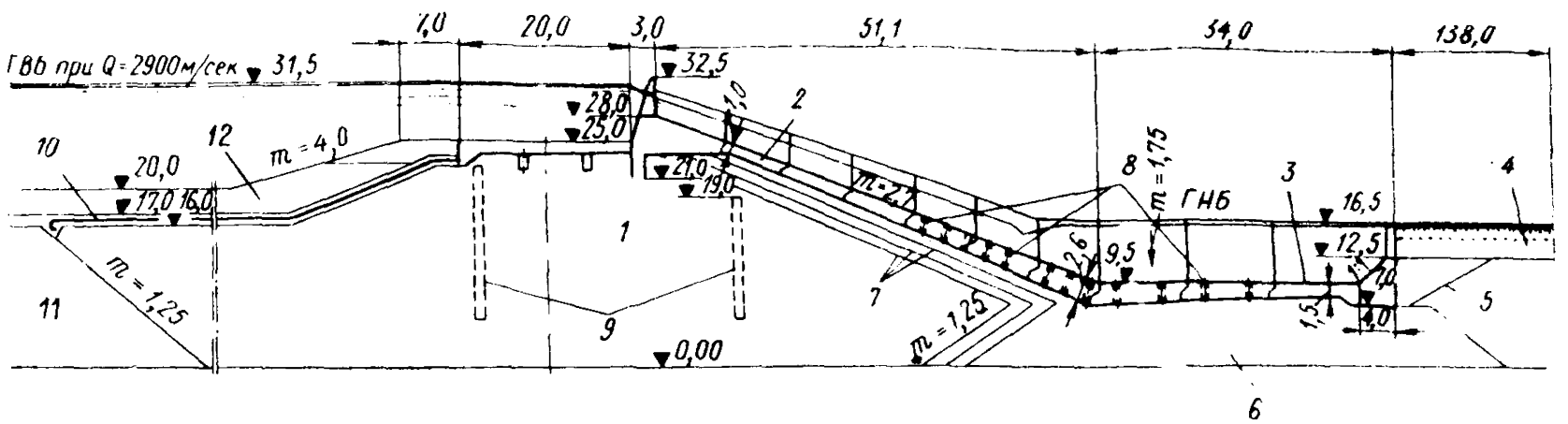

Рис. 16. Водосливная перемычка Токтогульской ГЭС

1 – насыпь из песчано-гравийного грунта; *2* – быстроток; *3* – водобойный колодец; *4* – рисберма из крупного камня; *5* – верховой зуб рисбермы из тетраэдров и негабаритов; *6* – дренажная призма из гравия крупностью 40–100 *мм*; *7* – трехслойный фильтр с толщиной слоев по 1 *м*; *8* – дренажные отверстия; *9* – береговые бетонные шпоры; *10* – полиэтиленовый экран; *11* – каменный банкет; *12* – пригрузка экрана.

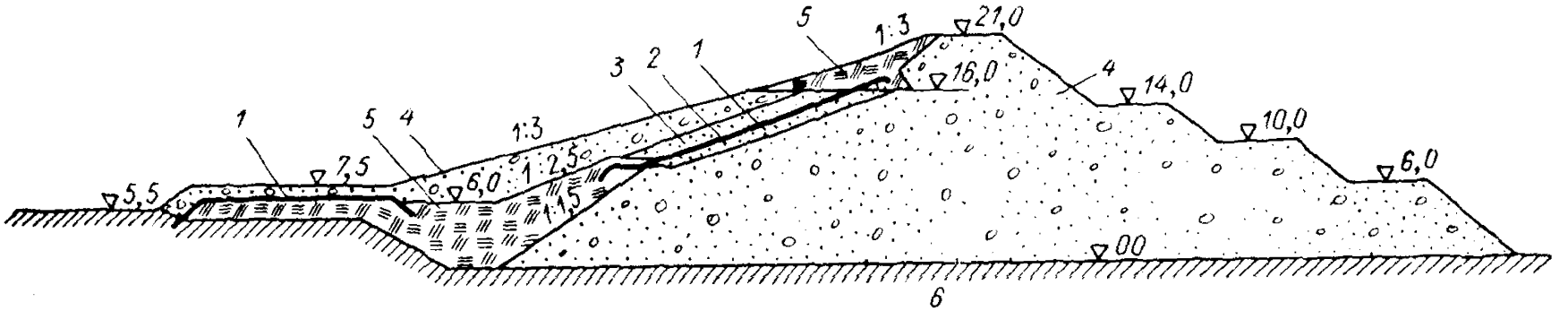

Рис. 17. Перемычка Усть-Хантайской ГЭС с полиэтиленовым экраном

1—полиэтиленовый экран из пленки толщиной 0,2 *мм*; *2*—мелкозернистый песок слоем 0,2—0,3 *м*; *3*—мелкозернистый песок слоем 1,0 *м*; *4*—гравелисто-песчаная смесь; *5*—моренный грунт; *6*—основание.

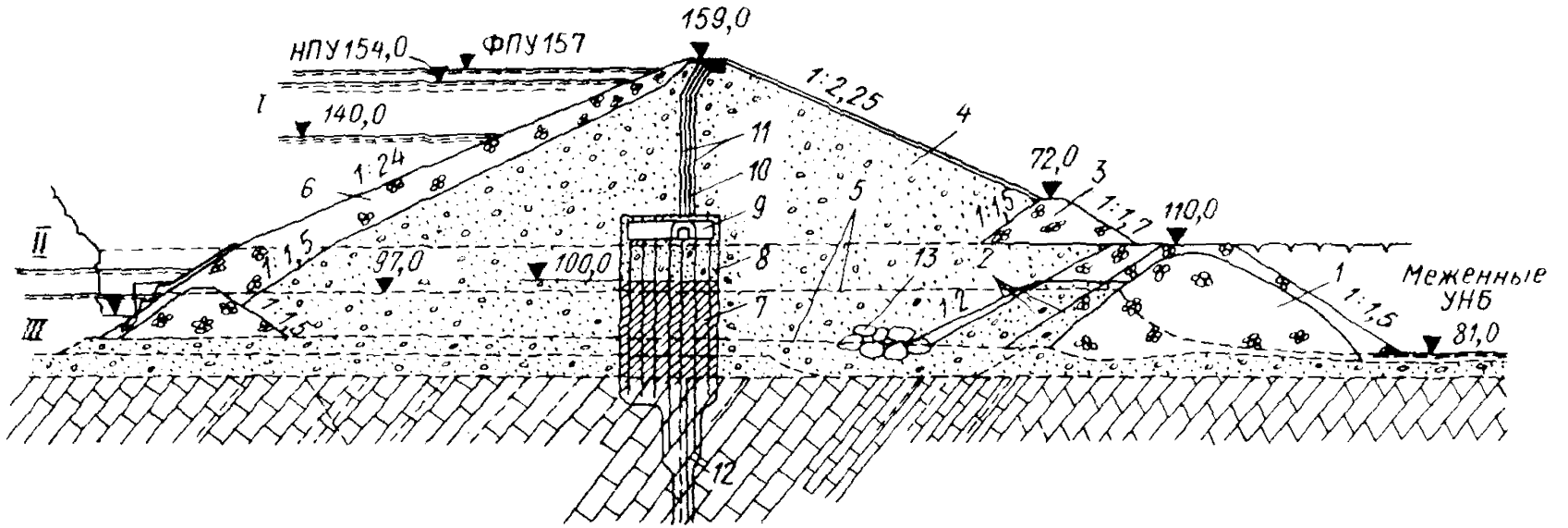

Рис. 18. Плотина Атбашинской ГЭС

1—упорная призма; *2*—переходные слои; *3*—упорная призма: *4*—песчано-гравелистый грунт тела плотины; *5*—песчано-галечные слои; *6*—каменная наброска; *7*—инъекционная завеса; *8*—бетонная плита; *9*—цементационная галерея; *10*—полиэтиленовая диафрагма толщиной 0,6 *мм*; *11*—защитные полиэтиленовые полотнища толщиной по 0,6 *мм* и песчаные слои; *12*—инъекция тектонической трещины; *13*—навал камня; *I*—уровень первой очереди эксплуатации и пропуска паводков и нормативной эксплуатации; *II*—уровень паводков строительного периода; *III*—уровень перекрытия реки.

вании экрана. Стыки верхнего и нижнего слоев плит расположены вразбежку. Волнистость плит устраняет возможность их проскальзывания при деформациях тела плотины. Для предотвращения повреждений пленки по краям железобетонных плит предусмотрены полосы из более прочной пластмассы.

Полиэтиленовый экран плотины на реке Кара-су (СССР, 1965 г.)

Конструкция полиэтиленового экрана приведена на рис. 15. Тело плотины отсыпано из гравийно-галечно-песчаной смеси. Подэкрановый слой толщиной от 0,3 (поверху) до 1,1 *м* (понизу) выполнен из пылеватых песков. Защитный слой толщиной 0,2—0,4 *м* отсыпался из пылеватого песка. Толщина полиэтиленового экрана 0,2 *мм*. Полиэтиленовая пленка стабилизирована органическими противостарителями. Напор на экран до 5,5 *м*.

За счет замены суглинистого экрана на полиэтиленовый срок возведения плотины сократился на три месяца с одновременным удешевлением сооружения.

Полиэтиленовый экран перемычки Токтогульской ГЭС (СССР, 1966 г.)

Конструкция перемычки с полиэтиленовым экраном приведена на рис. 16. Высота перемычки из песчано-гравелистых грунтов 30 *м*. Для удлинения пути фильтрации экран перемычки переходит в понур длиной 50 *м*. Толщина пленочного экрана и понура 0,2 *м*. Пленка заключена между двумя слоями из суглинка толщиной по 0,5 *м*. Перемычка выполнена водосливной, поэтому ее гребень и низовой откос защищены от размыва бетонным быстротоком шириной 50 *м* и рисбермой. Во время пропуска через перемычку паводка, продолжавшегося 15 дней, напор на экран составлял 15 *м*. Последующее обследование показало, что нарушений конструкции экрана и деформаций перемычки не обнаружено.

За счет замены суглинистого экрана перемычки на полиэтиленовый срок ее возведения сократился на 4 месяца.

Полиэтиленовый экран перемычки Усть-Хантайской ГЭС (СССР, 1970 г.)

Поперечный разрез по перемычке приведен на рис. 17. Площадь откоса, экранированного полиэтиленовой пленкой 0,2 *мм*, составляет 13000 $м^2$. Работы по укладке пленочного экрана, включающие устройство подстилающего песчаного слоя толщиной 0,2—0,3 *м* и защитного слоя толщиной 1,0 *м*, были проведены в течение 20 дней при температурах окружающего воздуха до —20° С. Тело перемычки отсыпано из несвязных грунтов. Высота перемычки 20 *м*, максимальный напор на экран до 6 *м*.

За счет замены противофильтрационного моренного экрана на полиэтиленовый была получена экономия в 57 тыс. руб. и сокращен срок строительства на 15 дней.

Полиэтиленовая диафрагма плотины Атбашинской ГЭС (СССР, 1971 г.)

Поперечный разрез по плотине приведен на рис. 18. Диафрагма выполнена из полиэтиленовой пленки толщиной 0,6 *мм*, стабилизированной 2%-газовой канальной сажей. С обеих сторон к диафрагме прилегают дополнительные защитные полотнища из пленки толщиной 0,6 *мм*. Пленочное устройство находится между двумя слоями из песка с максимальной крупностью частиц 5 *мм*. Грунты тела плотины песчано-гравелистые. Высота плотины около 70 *м*, напор на диафрагму — 36,5 *м*.

Экономический эффект от замены суглинистого экрана на пленочную диафрагму составил 614 тыс. рублей.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3

2. Проектирование полиэтиленовых противофильтрационных устройств 5
Требования к полиэтиленовым материалам, используемым в противофильтрационных устройствах 5
Расчетные характеристики полиэтилена и грунтов 6
Расчет толщины полиэтиленовых противофильтрационных элементов 9
Расчет устойчивости земляного откоса, имеющего противофильтрационное устройство в виде полиэтиленовой пленки 11
Сопряжение полиэтиленового противофильтрационного устройства с берегами, дном и с элементами бетонных сооружений . . . 13
Проектирование подстилающего и защитного слоев полиэтиленового противофильтрационного устройства 16
Расчет потребного количества пленки для устройства противофильтрационных элементов 17

3. Производство работ по возведению полиэтиленовых противофильтрационных устройств 18
Хранение, изготовление и транспортирование пленочных полотнищ 18
Устройство подстилающего слоя 20
Укладка и сварка полотнищ полиэтиленовых противофильтрационных элементов 20
Устройство защитного слоя и пригрузки 23
Выполнение сопряжений полиэтиленовых противофильтрационных устройств с берегами, дном и бетонными сооружениями. 25

Приложение 1. Основные свойства полиэтилена 28

Приложение 2. Пример расчета толщины полиэтиленового противофильтрационного элемента 28

Приложение 3. Оборудование для сварки полиэтиленовой пленки . . 32

Приложение 4. Форма журнала сварки полотнищ. Форма паспорта полотнища 35

Приложение 5. Краткое описание выполненных противофильтрационных пленочных устройств 35

УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПЛОТИН ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Научный редактор *М. П. Павчич*

Редактор *А. С. Лейбович*

Технический редактор *Т. М. Бовичева*

Ленинградское отделение издательства «Энергия». 192041, Ленинград, Марсово поле, 1.

Сдано в набор 22/V 1975 г.

Подписано к печати 2.IX 1975 г.

М-24149.

Формат 60×90/16.

Бумага типографская № 2.

Печ. л. 2,375. Уч.-изд. л. 2,41.

Тираж 1800. Заказ 269. Цена 24 коп.

Типография Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. 195220, Ленинград, Гжатская ул., 21.

gost.e-ecolog.ru