

УДК 627.824.2

UDC 627.824.2

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУНТОСМЕСЕЙ ПРИ УСТРАНЕНИИ ДЕФОРМАЦИЙ ПЛОТИН И ДАМБ

THE TECHNOLOGY OF REPAIR WORKS USING SOIL MIXTURE AT ELIMINATION OF DEFORMATIONS OF DAMS

Васильева Елена Викторовна
 младший научный сотрудник
Новочеркасская государственная мелиоративная академия, Новочеркасск, Россия

Vasilyeva Elena Viktorovna
 junior researcher
Novocherkassk state meliorative academy, Novocherkassk, Russia

В статье предложена технология ремонта грунтовых водоподпорных сооружений грунтами с добавлением высевки и золы. Изложены технологические операции по восстановлению тела плотины

The article presents the technology of repairing underground structures with levees soil mixture bran and ash. We have also set out technological operations to rebuild the dam

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЯ, ВОССТА-
 НОВЛЕНИЕ, ГРУНТОСМЕСЬ, ЗОЛА, ЦЕМЕНТ,
 ВЫСЕВКА, ПЛОТИНА, ГРЕБЕНЬ, ОТКОСЫ

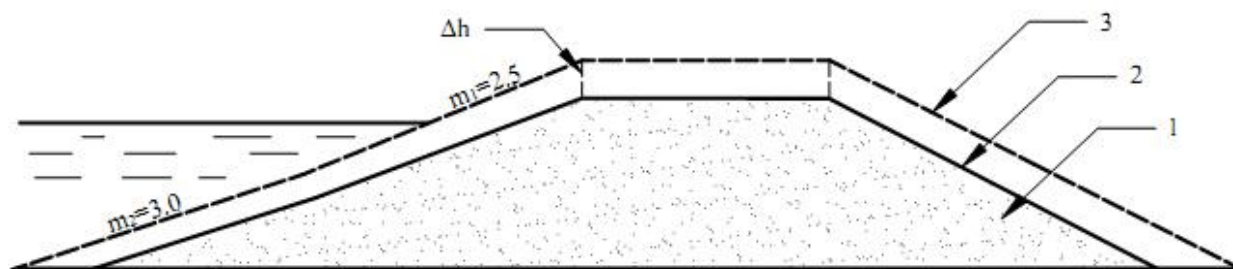
Keywords: TECHNOLOGY, REHABILITATION,
 SOIL MIXTURE, CEMENT, ASH, SCREENINGS,
 THE DAM, CREST, SLOPES

Водоподпорные сооружения прудов и водохранилищ (грунтовые дамбы и плотины) подвержены деформациям и разрушениям под воздействием естественных и антропогенных факторов.

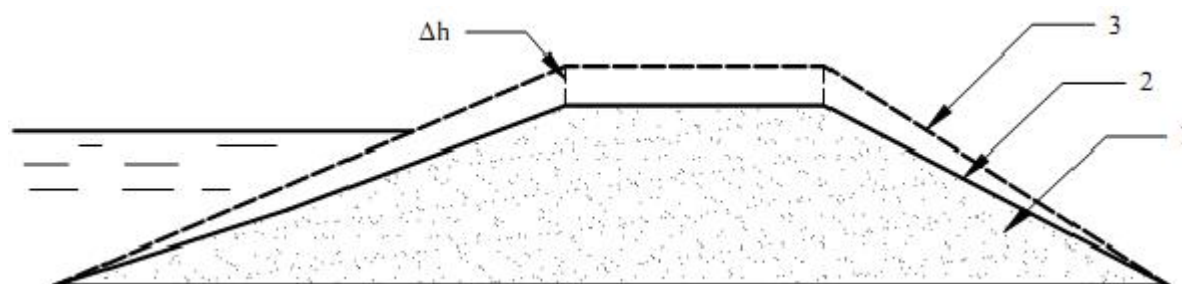
Наиболее часто встречающимися дефектами грунтовых плотин и дамб являются: просадки их тела и основания; разуплотнение, размыв и (или) обрушение откосов; образование трещин (продольных и поперечных, поверхностных и внутренних); суффозия и выпор грунта; разрушения креплений откосов; фильтрация через основание и тело сооружений. Вышеперечисленные и другие, установленные обследованием дефекты, должны быть устранены при проведении ремонтно – восстановительных работ. Ниже предложены технологии ремонтно-строительных работ по восстановлению грунтовых плотин и дамб путём их досыпки до требуемых отметок, учитывающие известные решения [1,2].

Необходимость досыпки (наращивания) гребня и откосов плотины возникает в случае потребности в увеличении высоты прудовой плотины или при просадке её тела ниже проектных отметок (рисунок 1.1).

а)



б)



а, б – для случаев, соответственно, подъёма высоты гребня плотины и ликвидации просадки гребня и откосов

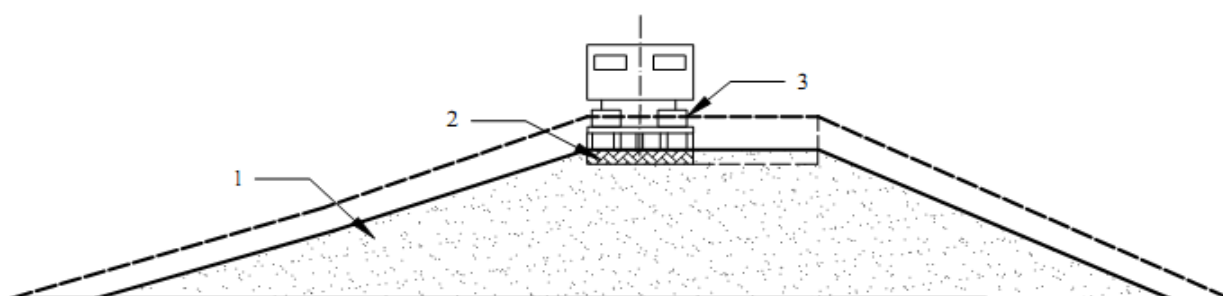
1-плотина; 2,3 –поперечное сечение плотины соответственно до и после проведения ремонтных работ

Рисунок 1.1 - Схема поперечного сечения плотины

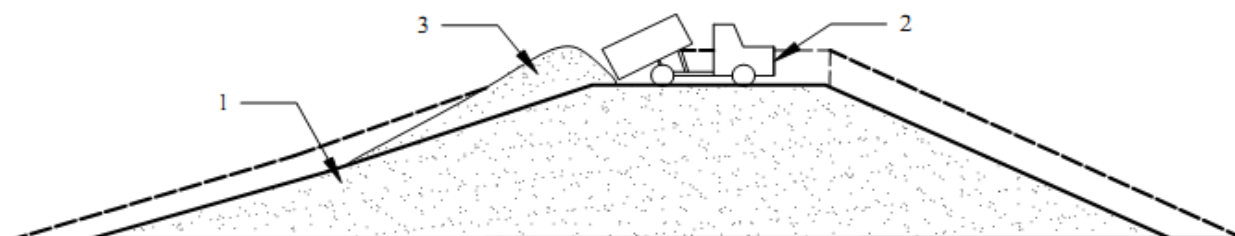
Досыпка гребня и откосов плотины (дамбы) представляет собой поэтапное выполнение конкретных ремонтно- восстановительных операций, схожих с процессом строительства насыпных профильных сооружений. Машины и механизмы подбирают с учётом природно - климатических условий, объёма работ, дальности транспортирования грунта (грунтосмеси), формы и размеров сооружений (плотины, карьера, кавальера и др.). Для разравнивания грунта (грунтосмеси), обычно применяют бульдозер или грейдер, уплотнение проводят катками. Уширение и упрочивание откосов плотин и дамб проводят путём последовательного выполнения ремонтно- строительных операций с помощью экскаваторов, автосамосвалов,

бульдозеров, фрез (при необходимости), поливочных машин, катков и других средств механизации [3].

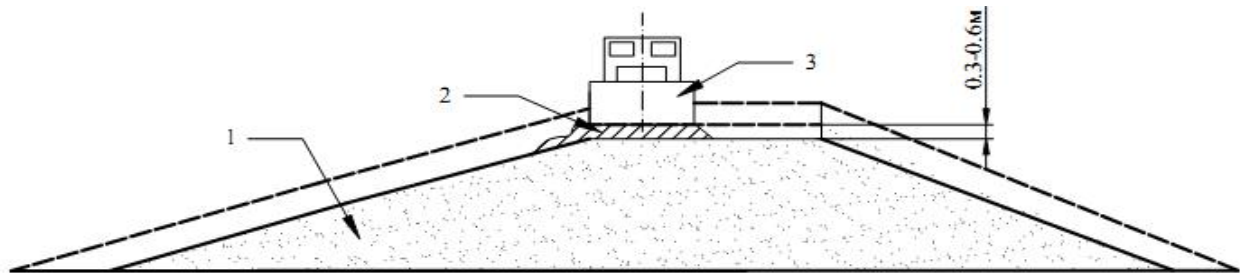
Перечень ремонтно-строительных операций по досыпке гребня и откосов плотины до требуемых отметок приведен в таблице 1, а их схемы на рисунках 1.2÷1.5. При проведении работ вместо грунта использована грунтов смесь оптимальной влажности (грунт+ высевка+ зола+цемент). Связано это с тем, что восстановленные (досыпанные)грунтом элементы профиля(гребень, откосы) из-за низкой прочности, водо- и морозостойкости грунта не способны долговременно противостоять воздействию абразии, ливней, фильтрации, мороза и других факторов. Что касается грунтов смеси, то при затвердевании она со временем превратится в высокопрочный водо- и морозостойкий грунтобетон, надежно защищающий тело сооружений от воздействия агрессивных факторов [4].



1-плотина; 2-рыхление гребня плотины; 3-рыхлитель (борона)
Рисунок 1.2 – Схема рыхления (боронования) верха плотины

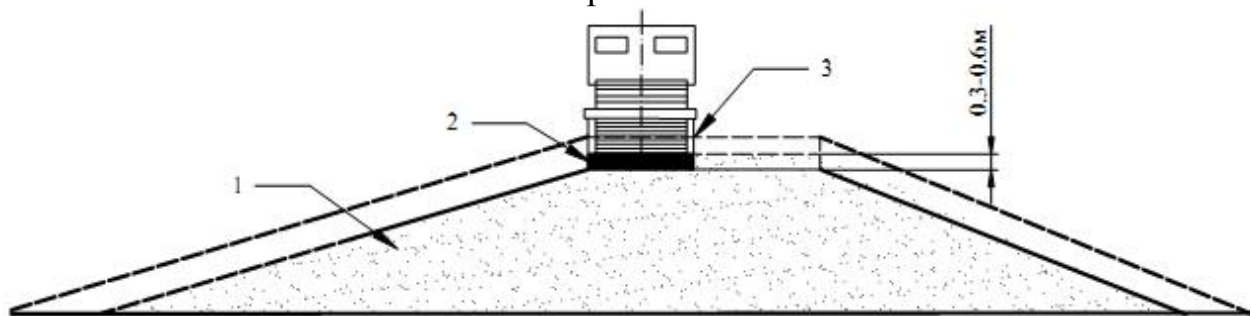


1- плотина; 2- автосамосвал; 3 –грунтов смесь, выгруженная на откос и гребень плотины
Рисунок 1.3 – Схема доставки и выгрузки грунтовой смеси на гребень и откосы плотины



1-плотина; 2-разравнивание грунтосмеси на гребне плотины;
3-бульдозер

Рисунок 1.4 – Схема послойного разравнивания грунтосмеси на гребне плотины



1-плотина; 2-уплотнение грунтосмеси на гребне плотины; 3-каток
Рисунок 1.5 – Схема послойного уплотнения грунтосмеси на гребне плотины

Таблица 1 – Перечень ремонтно-восстановительных операций по
досыпке гребня и откосов плотины до проектных отметок

№ № операции	Ремонтно-строительные операции	Средства механизации
1.	Рыхление проезжего участка гребня в виде покрытия из гравийно-песчаной смеси	Навесной или прицепной рыхлитель на базе гусеничного трактора
2.	Разработка на гребне и перемещение гравийно-песчаной смеси во временные отвалы	Бульдозер или грейдер
3.	Планировка верха (гребня, части откосов) плотины, боронование	Грейдер, бульдозер + бороны
4.	Доувлажнение грунта верхней части плотины до оптимальной влажности	Автоцистерна или поливочная машина
5.	Вскрыша карьера	Бульдозер или скрепер
6.	Доувлажнение грунта в карьере до оптимальной влажности	Поливочная машина, автоцистерна
7.	Разработка грунта в карьере и транспортирование его к грунтосмесительной установке	Скрепер, экскаватор и автосамосвалы, тракторные тележки
8.	Доставка цемента, золы и высевки к месту приготовления грунтосмеси (к установке)	Автоцементовоз, автосамосвалы, тракторные тележки
9.	Приготовление в грунтосмесительной установке грунтосмеси из грунтоцемента с добавлением золы и высевки	Грунтосмесительная установка
10.	Доставка приготовленной грунтосмеси и укладка её слоями на гребень и частично откосы	Автосамосвалы, бульдозер или грейдер
11.	Послойное разравнивание и уплотнение грунтосмеси оптимальной влажности до проектной плотности	Бульдозер, грейдер, каток или вальцевая трамбовка
12.	Устройство «корыта» под покрытие	Грейдер(прицепной или автогрейдер)
13.	Отсыпка в «корыто» гравийно-песчаной смеси (или устройство покрытия из другого материала)	Автосамосвал, бульдозер
14.	Разравнивание и уплотнение гравийно-песчаной смеси с приданием проезжей части плотины выпуклой двухскатной формы	Грейдер, каток
15.	Рекультивация карьера	Бульдозер или скрепер

Приведенный в таблице 1 перечень технологических операций уточняется и корректируется в соответствии с местными условиями.

Для определения прочностных свойств затвердевшей грунтосмеси были проведены экспериментальные исследования, позволяющие с помощью математических моделей, изменяя входные параметры, оценивать качество грунтосмеси.

В основу решения был положен двухфакторный [5] симплекс - суммируемый план типа правильного шестиугольника. В качестве двух варьируемых факторов были выбраны: расход цемента - Ц, % от массы грунтосмеси; расход (количество) грунта – ГР, % от массы грунтосмеси.

Расход цемента и количество грунта в плане эксперимента варьировались, соответственно, от 3,0 % до 15% и от 40% до 85%, что соответствует результатам предварительных исследований и априорной информации о рациональном дозировании вышеуказанных компонентов грунтосмеси [6].

Для приготовления грунтовых смесей использовались материалы (компоненты) со следующими показателями: Новороссийский портландцемент марки 400; грунт – легкий слабоводопроницаемый суглинок; высевка – отход камнедробления известняка фракции 0-5мм с модулем крупности $M_{кр}=2,98$; зола- унос сухого отбора с электрофильтров Новочеркасской ГРЭС.

Условия кодирования и варьирования факторов представлены в таблице 2, а результаты эксперимента - в таблице 3.

Таблица 2- Кодирование и варьирование факторов

Факторы	Код X_i	Основной уровень, X_0 , %	Интервал варьирования, ΔX_i	Нижний уровень, «-»	Верхний уровень, «+»
Цемент	X_1	9,0	6,0	3,0	15,0
Грунт	X_2	62,5	22,5	40,0	85,0

Таблица 3 – Реализация плана эксперимента

Номер опыта	План		X_1^2	X_2^2	$X_1 X_2$	Факторы		Прочность через 28 суток и полного водонасыщения	
	X_1	X_2				$X_1(\text{Ц})$	$X_2(\text{Гр})$	y_R	\hat{y}_R
1	0	0	0	0	0	9,0	62,5	13,21	13,21
2	-1	0	1	0	0	3,0	62,5	5,49	5,11
3	1	0	1	0	0	15,0	62,5	14,53	14,91
4	-0,5	0,87	0,25	0,75	-0,43	6,0	85,0	6,25	6,62
5	0,5	0,87	0,25	0,75	0,43	12,0	85,0	12,62	12,23
6	-0,5	-0,87	0,25	0,75	0,43	6,0	40,0	10,58	10,96
7	0,5	-0,87	0,25	0,75	-0,43	12,0	40,0	15,51	15,15
$\sum x_i y_i$	14,69	-6,28	31,26	33,72	0,62			78,19	

Точки принятого плана эксперимента имеют координаты вершин правильного шестиугольника, построенного в пределах варьирования факторов ± 1 в кодированной форме.

По результатам семи опытов (шесть вершин и центр шестиугольника) вычисляются неизвестные коэффициенты уравнения регрессии второго порядка:

$$\hat{y}_R = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1 X_2, \text{ где}$$

$$b_0 = (0y) - \sum_{i=1}^k(iiy); \quad b_1 = \frac{1}{3}(iy); \quad b_{ij} = \frac{4}{3}(ijy);$$

$$b_{ii} = \frac{2}{3}(iiy) + \frac{5}{6}\sum_{i=1}^k(iiy) - (0y). \quad (1.1)$$

По формулам (1.1) были подсчитаны коэффициенты уравнения:

$$b_0 = 78,19 - (31,26 + 33,72) = 13,21;$$

$$b_1 = \frac{14,69}{3} = 4,90;$$

$$b_{12} = \frac{4}{3}(0,62) = 0,83;$$

$$b_2 = \frac{-6,28}{3} = -2,09;$$

$$b_{11} = \frac{2}{3}(31,26) + \frac{5}{6}(31,26 + 33,72) - 78,19 = -3,20;$$

$$b_{22} = \frac{2}{3}(33,72) + \frac{5}{6}(31,26 + 33,72) - 78,19 = -1,56; \quad (1.2)$$

Для прочности образцов через 28 суток твердения и полного водонасыщения получено регрессионное уравнение в виде:

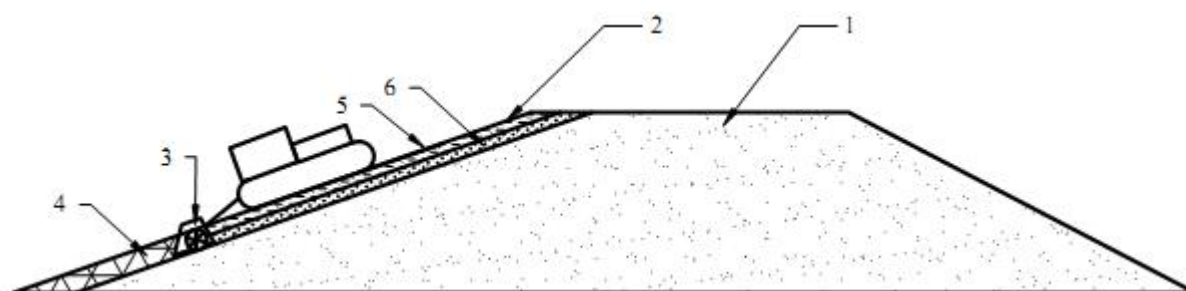
$$\hat{y}_R = 13,21 + 4,90X_1 - 2,09X_2 - 3,2X_1^2 - 1,56X_2^2 + 0,83X_1 X_2. \quad (1.3)$$

Анализ уравнения показывает что, использование высевки и золы-унос для экономного расхода цемента в равнопрочных ($R_{28} = 10-15$ МПа) грунтобетонах в количестве, соответственно, 20-40% и 4-6% от массы грунтосмеси, следует считать оптимальным.

При пологих откосах ($m = 4 \div 6$) плотины (дамбы) можно обойтись и без грунтосмесительной установки. В этом случае смешивание грунта с высевкой, золой и цементом, следует производить на месте укладки, в связи с чем несколько меняется технологическая карта производства работ (таблица 4) [1].

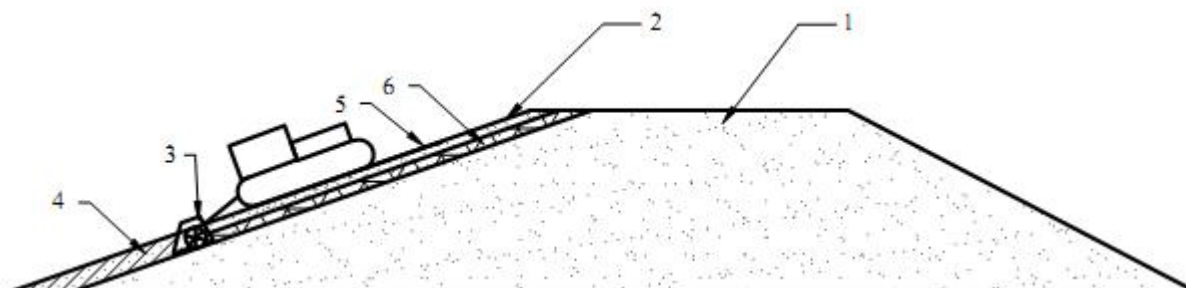
Таблица 4- Перечень ремонтно-строительных операций по восстановлению проектного профиля плотины с пологими откосами (без грунтосмесительной установки)

№ № операции	Ремонтно-строительные операции	Средства механизации
1-6	Соответствует операциям 1-6 таблицы 2	
7.	Разработка грунта в карьере и транспортирование его к месту укладки, выгрузка, измельчение	Скрепер, экскаватор и автосамосвалы, тракторные тележки, фреза
8.	Доставка и равномерное распределение по нему (грунту) высевки	Автосамосвалы и тракторные тележки, бульдозер, грейдер
9.	Перемешивание высевки с грунтом (рис.1.6)	Фреза или самоходный грунтосмеситель
10.	Доставка и внесение спецдозаторами цемента, золы	Автоцементовоз, сеялка туковая
11.	Перемешивание цемента и золы с высевкой и грунтом (рис. 1.7)	Фреза или самоходный грунтосмеситель
12.	Увлажнение грунтосмеси до оптимальной влажности, перемешивание, послойное уплотнение	Автоцистерна или поливочная машина, фреза, каток, вальцевая трамбовка
13-16	Соответствует операциям 12-15 таблицы 2	



1 - плотина; 2 - верховой откос; 3 - фреза; 4 -измельчённая и перемешанная фрезой смесь высевки с грунтом; 5- высевка, 6- грунт

Рисунок 1.6- Схема перемешивания высевки с грунтом на откосе специальной фрезой



1 - плотина; 2 - верховой откос; 3 - фреза; 4 –перемешанная фрезой смесь высевки и грунта с цементом и золой; 5- цемент, зола, 6- смесь высевки с грунтом.

Рисунок 1.7 - Схема перемешивания цемента и золы с высевкой и грунтом

Предлагаемые технологии ремонтно-восстановительных работ обеспечат надежную защиту грунтовым водоподпорным сооружениям от размыва и разуплотнения, воздействия мороза, льда, волн, землеройных животных, просачивания воды через восстановленные элементы профиля, так как в отличие от грунта, уложенная на откос или гребень грунтосмесь при затвердевании, со временем, превратится в высокопрочный (10-15 МПа), водо- и морозостойкий грунтобетон с жесткой камневидной структурой.

Выводы

1. В процессе эксплуатации грунтовые водоподпорные сооружения деформируются, видоизменяются их профили, снижаются отметки гребня. Для предупреждения аварий осуществляют досыпку плотин и дамб, используя обычно грунты того же состава, что и тело сооружений. Однако,

из-за низкой прочности, водо- и морозостойкости грунтов, работы по восстановлению профиля плотин и дамб требовалось периодически проводить вновь, так как восстановленные грунтом элементы профиля (откосы, гребень) не способны были эффективно и долговременно противостоять воздействию абразии, ливней, фильтрации, мороза и других факторов.

2. Для надежной защиты грунтовых водоподпорных сооружений от воздействия агрессивных факторов предлагается восстановление профиля сооружений производить грунтосмесью оптимальной влажности, состоящей из грунта, высева, цемента и золы и обеспечивающей через 28 суток твердения прочность на сжатие не менее 10-15 МПа.

Литература

1. Ачкасов Г.П., Иванов Е.С. Технология и организация ремонта мелиоративных гидротехнических сооружений. М.: Колос, 1984. 174 с.
2. Иванов Е.С. Организация и производство гидротехнических работ. М.: Агропромиздат, 1985. 400 с.
3. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.: Агропромиздат, 1986. 352 с.
4. Горельшев Н.В., Гурячков И.Л., Пинус Э.Р. и др. Материалы изделия для строительства дорог. М.: Транспорт, 1986.-288с.
5. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – М.: Финансы и статистика, 1981.- 262с.
6. Руководство по подбору состава тяжелого бетона. / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1979.-40с.

References

1. Achkasov G.P., Ivanov E.S. Tehnologija i organizacija remonta meliorativnyh gidrotehnicheskijh sooruzhenij. M.: Kolos, 1984. 174 s.
2. Ivanov E.S. Organizacija i proizvodstvo gidrotehnicheskijh rabot. M.: Agropromizdat, 1985. 400 s.
3. Jasineckij V.G., Fenin N.K. Organizacija i tehnologija gidromeliorativnyh rabot. M.: Agropromizdat, 1986. 352 s.
4. Gorelyshev N.V., Gurjachkov I.L., Pinus Je.R. i dr. Materialy izdelija dlja stroitel'stva dorog. M.: Transport, 1986.-288s.
5. Voznesenskij V.A. Statisticheskie metody planirovanija jeksperimenta v tehniko-jekonomicheskijh issledovanijah. – M.: Finansy i statistika, 1981.- 262s.
6. Rukovodstvo po podboru sostava tjazhelogo betona. / NIIZhB. – M.: Strojizdat, 1979.-40s.