

5. Коваленко И.И. Исследование и разработка эффективных технологий производства культуртехнических работ на минеральных землях Украинского Полесья. - Киев 1980.- 161 с.
6. Бедретдинов Г.Х. Технологии расчистки земель с утилизацией растительности в почве. Основные результаты научных исследований института за 2017 г. Сборник научных трудов – М.: Изд. ВНИИГиМ - с 12-23.

References

1. Preobrazhensky K.I. Biological utilization of wood on reclaimed lands - М.: Rosagropromizdat - 1988. - 31 p.
2. Pershina O.F. Investigation of the deep milling process of cultivated lands during their agricultural development. Diss. Cand. tech. sciences. - Moscow 1971. - 56 p.
3. Iglovikov V.G., Scherbakov M.F., Krolevets N.V., Shafran M.G. Forest reclaimed land - under highly productive meadow land. / J. - Hydrotechnics and Land Reclamation - No. 1- 1983. - pp 74- 76.
4. Ivanov A.I., Sokolov I.V. Urgent problems of the secondary development of land withdrawn from circulation in the conditions of the Non-Black Earth Region. "Land reclamation is an integral part of the restoration and development of the agro-industrial complex of the non-chernozem zone of the Russian Federation." Materials of the international conference October 24-25, 2018 - М.: Publishing House. VNIIGiM – 2019. - 164 p.
5. Kovalenko I.I. Research and development of effective technologies for the production of cultural works on the mineral lands of Ukrainian Polissya. - Kiev 1980.- 161 p.
6. Bedretdinov G.Kh. Technologies of land clearing with utilization of vegetation in the soil. The main results of scientific research of the Institute for 2017. Collection of scientific papers - М.: Publishing House. VNIIGiM - pp 12-23.

УДК 631.62: 626.86: 62-522.2

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.63.20.037

ЛАЗЕРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ГЛУБИНЫ УКЛАДКИ ДРЕНАЖА

Ефремов А.Н.

ОАО «Инженерный центр «Луч», г. Москва, Россия

***Аннотация.** В статье проведен обзор традиционных методов контроля точности строительства дренажа. Дано описание разработанной лазерной системы автоматического управления высотным положением рабочего органа с одновременным контролем глубины укладки дренажа для формирования паспорта дрены. Приводятся контролируемые параметры, аппаратура и техническая характеристика системы. Даются рекомендации по разработке в хозяйствах базы данных паспортов дрен и коллекторов.*

***Ключевые слова:** Методы контроля, дренаж, лазерная система, автоматическое управление, глубина укладки, паспорт дрены*

LASER SYSTEM FOR AUTOMATIC MONITORING AND CONTROL OF THE DEPTH OF DRAINAGE INSTALLATION

Efremov A. N.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

***Abstract.** The article reviews traditional methods of controlling the accuracy of drainage construction. The description of the developed laser system for automatic control of the height posi-*

tion of the working body with simultaneous control of the depth of the drainage installation for the formation of the drain passport is given. The controlled parameters of the equipment and technical characteristics of the system are given. Recommendations are given for the development of a data-base of drains and collectors' passports in farms.

Keyword.: Control methods, drainage, laser system, automatic control, depth of installation, drainage passport

Традиционный метод контроля точности строительства дренажа, укладываемого траншейным дреноукладчиком, предусматривает нивелировку дрены или коллектора в процессе или после их укладки (до засыпки грунтом) с применением оптического нивелира и геодезической рейки, устанавливаемой на дренажную трубу. Вертикальные отметки дрены на дреноукладчике могут также контролироваться оператором в процессе ее укладки при помощи оптического нивелира и геодезической рейки, закрепленной в трубоукладчике на параллелограммной навеске с опорным роликом, катящимся по дренажной трубе (рисунок 1). Отсчеты по рейке оператор снимает в моменты загорания сигнальной лампочки, включаемой датчиком пути [1].

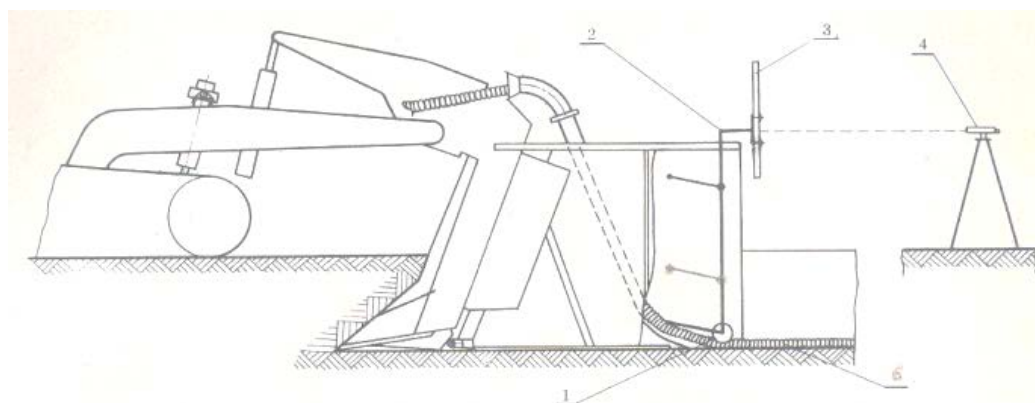


Рисунок 1-Схема контроля продольного уклона дрены:

1-прижимной ролик, 2-стойка параллелограмма, 3-геодезическая рейка, 4-нивелир, 6-дрена

По полученным данным нивелировки рассчитывают на компьютере с программным обеспечением показатели точности укладки дрены и коллекторов, которые сравнивают с предъявляемыми требованиями к точности укладки дренажа [2]. Обнаруженные недопустимые отклонения подлежат устранению. По результатам контроля составляют акт на скрытые работы. В случае обнаружения значительных нарушений предъявляемых требований необходимо проводить повторную укладку дрены.

В отличие от оптической нивелировки применение лазерной системы управления позволяет одновременно в процессе работы проводить текущий контроль точности укладки дренажа вручную при помощи телескопической рейки с фотоиндикатором. Рейку устанавливают в процессе работы на уложенную дренажную трубу, а вертикальные отметки фиксируют визуально на рейке по положению на ней фотоиндикатора, регистрирующего лазерный луч (рисунок 2). Этот метод ранее использовался на траншейных дреноукладчиках с лазерной системой типа УКЛ [3].

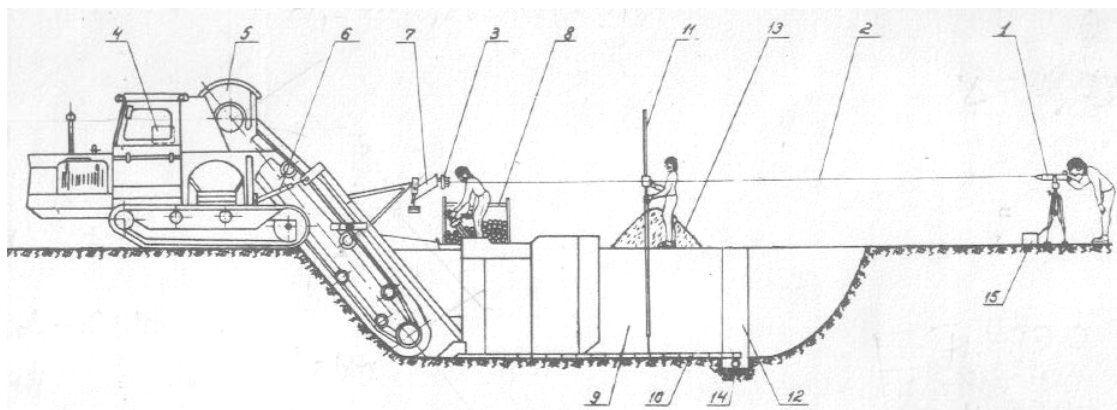


Рисунок 2-Схема лазерного автоматического управления и контроля точности укладки дрены при помощи рейки с фотоиндикатором:

1-лазерный передатчик, 2-лазерный луч, 3-приемник, 4-пульт управления, 5-траншейный дреноукладчик, 6-исполнительный гидроцилиндр, 7-узел подвески приемника, 8-контейнер с дренажными трубами, 9-отрытая дренажная траншея, 10-дрена, 11-рейка с фотоиндикатором, 12-траншея коллектора, 13-отвал грунта из траншеи коллектора, 14-труба коллектора, 15-аккумулятор

Однако этот способ контроля не автоматизирован, т.к. существующие лазерные системы выполняют только функцию автоматического управления высотным положением рабочего органа дреноукладчика и не имеют функцию автоматического контроля в процессе укладки дрены, что требует применения в бригаде дреноукладчика двух рабочих для нивелировки.

Применение спутниковой навигационной системы позволяет регистрировать вертикальные отметки приемника в процессе работы и выводить на экран пульта управления изображение близкого профиля дрены. Это дает возможность примерно оценить точность укладки дрены в сравнении с проектными данными. Точность контроля укладки дрены зависит от марки навигационной системы, погодных и других условий и составляет $\pm 2-5$ см, что хуже лазерной системы. Стоимость навигационной системы высока и в 10 раз превышает стоимость лазерной системы.

Лазерные системы автоматического управления (ЛСАУ) высотным положением рабочего органа дреноукладчика состоят из лазерного передатчика ЛП, приемника ПР, пульта управления ПУ, электрогидроблока ЭГ, исполнительного гидроцилиндра ИЦ и рабочего органа РО, на котором установлен приемник. При отклонении рабочего органа от проектной глубины укладки дрены приемник также смещается относительно лазерного луча и, преодолев зону нечувствительности, вырабатывает электрический сигнал, который по цепи управления ЛП-ПР-ПУ-ЭБ-ИО-РО-ПР возвращает приемник на лазерный луч и рабочий орган на проектную глубину укладки дрены [3-5].

Разработанная лазерная система автоматического управления и контроля глубины укладки дренажа (ЛСАУК-1) предназначена для автоматического управления по высоте рабочим органом дреноукладчика и одновременно для автоматического контроля глубины укладки дренажа (рисунок 3) с последующим формированием паспорта дрены или коллектора при помощи программного обеспечения ПО ДРЕНАЖ.

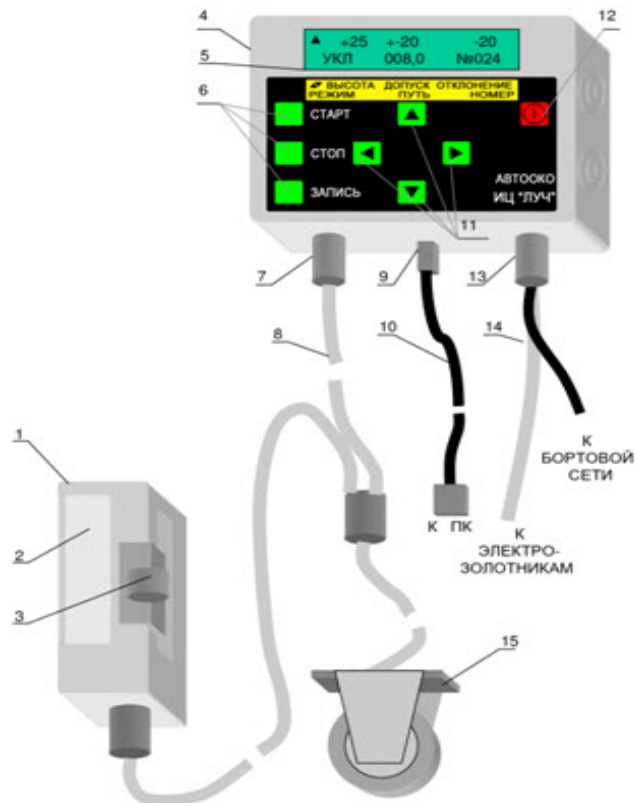


Рисунок 3 – Общий вид системы ЛСАУК-1:

1-приемник, 2-окно, 3-хомут крепления, 4-пульт управления, 5-жидко-кристаллический индикатор, 6 и 11-сенсорные кнопки управления, 7, 9, 13-разъемы, 12-кнопка включения и выключения, 8, 10, 14-соединительные кабели, 15-датчик пути

ЛСАУК-1 используется совместно с лазерным передатчиком, создающим путем кругового вращения лазерного луча наклонную лазерную опорную плоскость с заданным уклоном дрены. Точность задания уклона зависит от технических характеристик лазерного передатчика и составляет не более 0,0005, что соответствует допустимому угловому отклонению профиля дрены (табл. 1).

Система автоматического управления и контроля глубины укладки дрен состоит из лазерного приемника 1, закрепляемого на рабочем органе дренажукладчика при помощи узла подвески, датчика пути 15, прижимаемого к укладываемой дренажной трубе, пульта управления 4, устанавливаемого в кабине машины, и соединительных кабелей. Приемник (рисунок 4) представляет собой матрицу из набора фотоприемных модулей, расположенных вдоль вертикальной оси. Каждый модуль содержит четыре фотодиода, расположенных в горизонтальной плоскости, обеспечивая круговой прием лазерного излучения. Сигналы с каждого модуля обрабатываются контроллером приемника, преобразуются в цифровой сигнал, несущий информацию о высоте центра приемника относительно лазерной плоскости, и передаются на пульт управления. Узел подвески постоянно поддерживает вертикальное положение приемника в процессе работы.

Таблица 1-Технические характеристики ЛСАУК-1

Наименование характеристик	Показатели
Диапазон задания зоны нечувствительности, мм	± 30
Шаг задания зоны нечувствительности, мм	5
Погрешность определения высоты центра приемника относительно лазерной плоскости, мм	± 5
Рабочий диапазон определения высот центра приемника относительно лазерной плоскости, мм	±40
Радиус работы, м	300
Максимальная рабочая скорость движения дреноукладчика, км/ч	10
Шаг регистрации высотных отметок, м	5 или 3
Напряжение питания бортовой сети, В	10,8-34
Потребляемая мощность (без электромагнитов гидроблока), Вт	5
Потребляемая мощность электромагнитов гидроблока, Вт	40
Время хранения информации	не ограничено
Максимальное суммарное количество высотных отметок всех записанных дрен, единиц	32000
Максимальное количество высотных отметок на одной дрене, единиц	255
Габаритные размеры, мм: -приемника -пульта управления	130x60x60 180x125x90
Масса, кг: -приемника -пульта управления	0,4 0,6
Частота вращения лазерного луча, Гц	8,6 -14,5
Температурный режим работы, °С	-5...+50

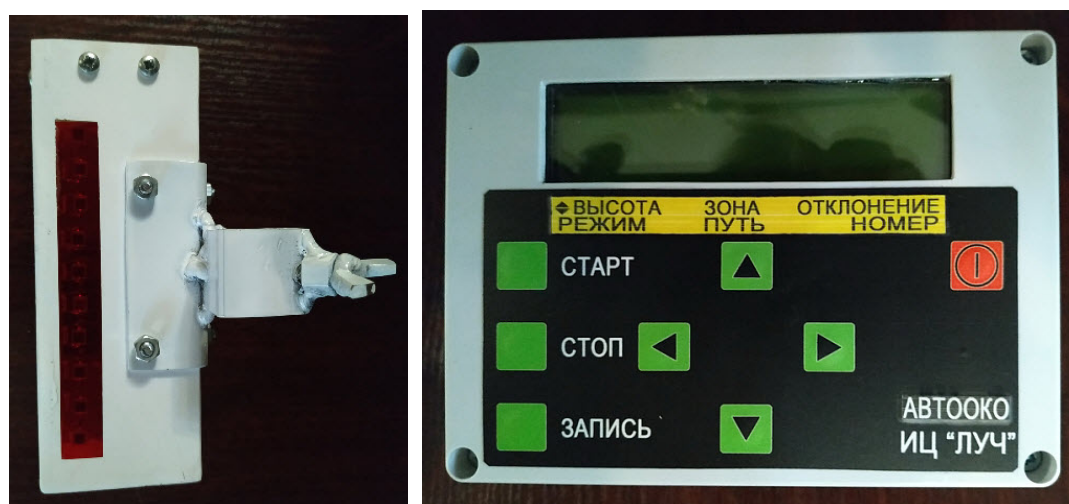


Рисунок 4 – Приемник и пульт управления ЛСАУК-1

Пульт управления (рисунок 4) осуществляет задание трех режимов работы. В режиме «УКЛАДКА» производится укладка дрены с контролем точности. С помощью режима «КАЛИБРОВКА» осуществляется тарировка датчика пути на калибровочном отрезке дренажной трубы перед укладкой дрены. Режим «ЧТЕНИЕ» применяют для просмотра записанных данных. Пульт управления собирает информацию от датчика пути о пройденном расстоянии и от приемника о его вертикальном положении относительно лазерной плоскости. На ли-

цевой панели пульта управления расположены жидко-кристаллический индикатор (ЖКИ) и сенсорные кнопки управления «◀» и «▶» и «▲» и «▼», предназначенные для выбора режима работы, изменения зоны нечувствительности (точность укладки дрены или диапазон вертикальных перемещений рабочего органа), выбора просматриваемой записи и калибровки датчика пути. Кнопки «СТАРТ» и «СТОП» служат для включения и выключения выбранного режима. Нажатием кнопки «ЗАПИСЬ» сохраняют полученную информации в памяти пульта управления. На его нижней боковой стороне размещены разъемы для соединения блоков системы управления и подключения к бортовой сети дреноукладчика.

Датчик пути выполнен в виде свободно вращающегося колеса, по окружности которого размещены постоянные магниты, и датчика Холла, закрепленного на корпусе датчика пути. Датчик пути прижимается к дренажной трубе специальным приспособлением. При вращении колеса датчик Холла поочередно попадает в поле каждого из установленных магнитов и вырабатывает электрические импульсы, по которым измеряется длина дренажной трубы. Информация от датчика пути передается на пульт управления.

В начале укладки дрены рабочий орган дреноукладчика заглубляют на проектную глубину и устанавливают центр приемника на лазерной плоскости, когда показание на ЖКИ пульта управления будет равно нулю. В память пульта управления вводят выбранную зону нечувствительности, уклон дрены и шаг измеряемых отметок.

В процессе работы глубина укладки дрены регулируется автоматически по цепи управления ЛП-ПР-ПУ-ЭГ-ИО-РО-ПР. Контроллер после прохождения очередного шага пути регистрирует высотные отклонения центра приемника относительно лазерного луча, идентичные отклонениям дрены, а вычислительное устройство пульта управления определяет шаговые отклонения высотных отметок дрены и ее местных уклонов относительно горизонта по формуле (рисунки 5):

$$\operatorname{tg} \alpha_i = (h_i - h_{i-1}) / x + \operatorname{tg} \delta, \quad (1)$$

где: $\operatorname{tg} \alpha_i$ – местный уклон дрены; h_{i-1} , h_i – вертикальные отклонения центра приемника от лазерного луча, равные местным отклонениям дрены, мм; x – шаг отметок, мм; $\operatorname{tg} \delta$ – проектный уклон дрены (коллектора), задаваемый лазерным передатчиком.

Отрицательные или нулевые местные уклоны дрены сопровождается звуковым сигналом. При появлении двух звуковых сигналов, регистрирующих отрицательные или нулевые уклоны (по предъявляемым требованиям), следует остановить дреноукладчик и устранить, если это возможно, обнаруженные нарушения или это сделать после укладки дрены, пользуясь показаниями датчика пути.

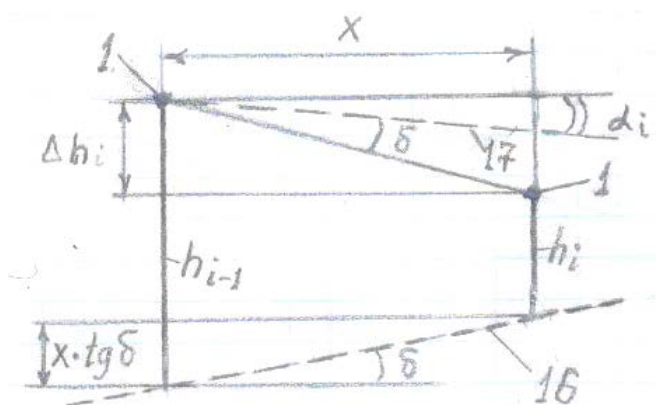


Рисунок 5 -Схема определения местных уклонов дрены:

1- положение центра приемника относительно лазерного луча, 16-лазерный луч, 17- участок дрены с местным уклоном α_i относительно горизонта, Δh_i – шаговое изменение высоты дрены от лазерного луча, равное $\Delta h_i = h_{i-1} - h_i$, $x \cdot \text{tg } \delta$ – превышение отметок лазерного луча на шаге пути

Автоматический лазерный контроль точности укладки дрен позволяет исключить из состава обслуживающего персонала двух человек (оператора-геодезиста и реечника), которые осуществляют контроль точности укладки дрен при помощи нивелира и геодезической рейки, что исключает применение ручного труда. Кроме того, система контроля точности глубины укладки дрены дает возможность выявить места появления нулевых и отрицательных местных уклонов укладываемой дрены и исправить недопустимые отклонения в процессе или после укладки дрены.

Записанные данные пульта управления имеют большой объем хранения информации, достаточный для укладки дрен и коллекторов дренажной системы. После завершения строительства дренажа пульт управления подключают к персональному компьютеру с установленным программным обеспечением ПО ДРЕНАЖ для последующего составления и хранения паспортов дрен и коллекторов (таблица 2).

Таблица 2 - Паспорт дрены (коллектора)

1. Общие сведения				
Наименование дренажной системы, дата укладки, № дрены, коллектора, местонахождение, проектная и строительная организации, состав бригады, характеристики (марка, изготовитель, год выпуска и др.) дреноукладчика, системы автоматического управления, дренажных труб, защитно-фильтрующих материалов, соединительных деталей, а также условия работ и прочие данные.				
2. Показатели укладки дрены, коллектора				
№ п/п	Наименование показателей	СНиП 3.07.03-85 ВСН-С-4-79 и др. [6,7,8]	Результаты (пример)	Соответствие требованиям
1	Заданный уклон дрены, коллектора: - диапазон задания уклонов - шаг задания уклонов - для диаметров труб 50 и 63 мм	0,002-0,02 0,0005 Не менее 0,0025	0,003 0,0005 0,003	+ + +
2	Шаг регистрации отметок дрены, коллектора, м:			

	- при уклонах до 0,005 - при уклонах выше 0,005	3 5	3	+
3	Наружный диаметр дренажной трубы: - дрены - коллектора	ТУ 6-05-1078-78 50-100 100-125	63* 110*	+ +
4	Длина дрены, м - зона осушения - зона орошения	до 250 до 1000	105	+
5	Показатели точности укладки дрены (коллектора): - Местные отклонения, h_i , см - Диапазон местных уклонов, $tg \alpha_i$ - Количество местных нулевых и обратных уклонов, n , ед. - Среднеквадратическое отклонение, σ , см	Не более 3 - Не более 2 Не более 3	+ 4 от +0,004 до - 0,005 2 2,2	- + +
6	Отклонения линии укладки от проектного положения в плане, м	Не более 1	1*	+
7	Глубина устья, м: - зона осушения - зона орошения - отклонение глубины, см	Не более 2 Не более 4 Не более ± 3	1,8*	+ + +
8	Углы сопряжения дрен с коллектором, град	90-60	90*	+
9	Зазоры в стыках, мм: - керамических труб, - соединений дрен с коллектором, - устьевого сооружения коллектора, - колодцев истока дрены (коллектора)	Не более 2	- 2* 2* 2*	+ + +
10	Боковые смещения керамических труб, мм	Не более 1/3 толщины трубы	-	
11	Отклонения толщины обсыпки (присыпки) дренажных труб фильтрующим материалом, см	Не более 3	-	
12	Смещения центра дренажной трубы от середины обсыпки, %	Не более 10	-	
13	Размеры отверстий в трубах коллектора при сопряжении их с дренами	Не более $\frac{3}{4}$ диаметра трубы	70*	+
14	Прочее			
Примечание: *Показатели, определяемые отдельными замерами				

3. Общая оценка показателей укладки дрены и коллектора предъявляемым требованиям		
№ показателей	Количество	Оценка показателей
1,1;1,2;1,3;2,1;3,1;3,2;4,1;5,3;5,4;6;7,1;7,3;8;9,2;9,3;9,4;13	17	Соответствует
5,1	1	Не соответствует

4. Оценка показателей точности укладки дрены и коллектора предъявляемым требованиям.						
№	Путь, м	Местное отклонение, м	Уклоны		Количество	Оценка показателей
			Нулевой	Отрицательный		
5,1	34	4			1	Не соответствует
5,3	50		0,000		1	Соответствует
5,3	73			- 0,005	1 ($\Sigma 2$)	Соответствует

Для хранения записанных данных паспортов дрен и коллекторов следует создать в хозяйстве компьютерную базу показателей укладки дрен и коллекторов дренажной системы, которая служит для хранения и последующего контроля ее работы. В процессе эксплуатации построенного дренажа ведут наблюдения за его режимами работы (дренажный сток, уровень грунтовых вод) и по истечению расчетного срока службы проводят текущий и капитальный ремонты (промывка и очистка дрен от наносов и отложений, перекладка закупоренных дрен). Результаты проведенных ремонтных работ вносят в паспорта дрен и коллекторов.

Список использованных источников

1. Временные рекомендации по проектированию и строительству закрытого дренажа из пластмассовых труб с применением бестраншейного дреноукладчика МД-4 с тягачом МД-5. Минводхоз СССР, Главнечерноземводстрой, Ленгипроводхоз, Ленинград, 1978, 65 с.
2. Ефремов А.Н., Маммаев З.М., Панов Е.П., Черненко В.Я. Рекомендации по контролю и оценке качества строительства дренажа в зоне осушения. М.: ВНИИГиМ, 1979, 28 с.
3. Ефремов А.Н., Камальдинов А.К., Мармалев А.И., Самородов В.Г. «Лазерная техника в мелиоративном строительстве». М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с..
4. Ефремов А.Н. Системы управления дреноукладчиков. М.:ООО «Литера-Принт»,2019, - 52 с.
5. Патент на изобретение № 2650007 «Система автоматического управления высотным положением рабочего органа дреноукладчика», Бюл. № 10 от 06.04.2018.
6. Мелиоративные системы и сооружения СНиП 3.07.03-85. Госстрой СССР. М.: ЦНИТП Госстроя СССР, 1995.
7. Инструкция по строительству закрытого горизонтального дренажа при осушении земель сельскохозяйственного назначения. ВСН-С-4-79, Минводхоз СССР, М., 1979.
8. СТО НОСТРОЙ 2.33.20-2011 Мелиоративные системы и сооружения. Часть 1. Оросительные системы. Общие требования по проектированию и строительству. Национальное объединение строителей. Стандарт организации. ФГБНУ «РосНИИПМ», ОАО «Центр проектной индустрии в строительстве, М. 2011.

References

1. Temporary recommendations for the design and construction of closed drainage from plastic pipes using trenchless drainage paver MD-4 with a tractor MD-5. Minvodkhoz of the USSR, Glavnetchernozemvodstroy, Lenhiprovodkhoz, Leningrad, 1978, 65 p.
2. Efremov A. N., Mammaev Z. M., Panov E. P., Chernenok V. Ya. Recommendations for monitoring and evaluating the quality of drainage construction in the drainage zone. Moscow: Vniigim, 1979, 28 p.
3. Efremov A. N., Kamaldinov A. K., Marmalev A. I., Samorodov V. G. "Laser technology in meliorative construction", Moscow: Agropromizdat, 1989, 223 p.
4. Efremov A. N. management Systems of drainers. M.: Litera-Print LLC, 2019, - 52 p.
5. Patent for invention No. 2650007 "System of automatic control of the height position of the working body of the drainplader", bul.No. 10 of 06.04.2018.
6. Reclamation systems and structures SNiP 3.07.03-85. Gosstroy SSSR. M.: CNITP Gosstroy SSSR, 1995.
7. Instructions for the construction of closed horizontal drainage when draining agricultural land. VSN-S-4-79, Minvodkhoz of the USSR, Moscow, 1979.
8. STO NOSTROY 2.33.20-2011 Irrigation and drainage systems and structures. Part 1. Irrigation system. General requirements for design and construction. National Association of builders. Standard of organization. FSBEI "Rosnipi", JSC "Center project in the construction industry", M. 2011.