

УДК 631.311.5

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОТНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДРЕНУУКЛАДЧИКОВ

А.Н. Ефремов, к.т.н., генеральный директор ОАО «Инженерный центр «Луч»,

В.Н Буравцев, инженер-механик,

ОАО «Инженерный центр «Луч»

Ключевые слова: дреноукладчик, лазерная система автоматического управления, способы высотного позиционирования рабочего органа, программная система управления.

Аннотация: Представлен обзор и анализ лазерных систем автоматического управления (САУ) дреноукладчиков. Рассмотрены различные способы высотного позиционирования рабочих органов, от которых зависит точность укладки дрен. Выявлены наиболее эффективные САУ и перспективные системы программного управления (СПУ).

The keywords: drainage machines, laser system of automatic control, ways of high-rise positioning of working body, a program control system.

The summary: The review and the analysis of laser systems of automatic control (SAC) drainage machines is presented. Various ways of high-rise positioning of working bodies on which accuracy of packing of drains depends are established. The most effective are revealed SAC and perspective systems of programmed control (SPC).

В настоящее время при строительстве дренажа в нашей стране и за рубежом широкое применение для регулирования уклона коллекторов и дрен находят лазерные системы автоматического управления (ЛСАУ) высотным положением рабочих органов дреноукладчиков. В последние годы в этих целях используют навигационные системы автоматического управления (НСАУ). Точность лазерной или навигационной САУ во многом зависит от способа высотного позиционирования рабочих органов дреноукладчиков (рисунок 1).

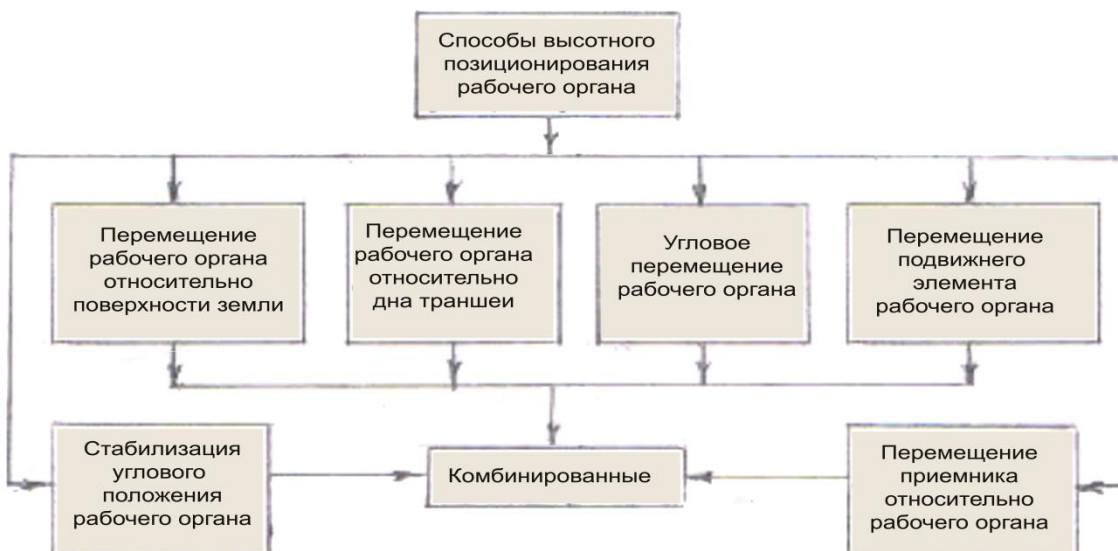


Рисунок 1 - Способы высотного позиционирования рабочих органов дреноукладчиков

Дреноукладчик с ЛСАУ состоит из трактора 1, параллелограммной навески 2 с гидроцилиндрами 3 и 4, рабочего органа (ножа) 5, трубоукладчика 6 с параллелограммной навеской 7, перемещаемой гидроцилиндром 8. Гидроцилиндры 3 и 4 служат также для перевода рабочего органа в транспортное положение и обратно. Бухта 9 с пластмассовой дренажной трубой 10 смонтирована сверху на трубоукладчике (рисунок 2).

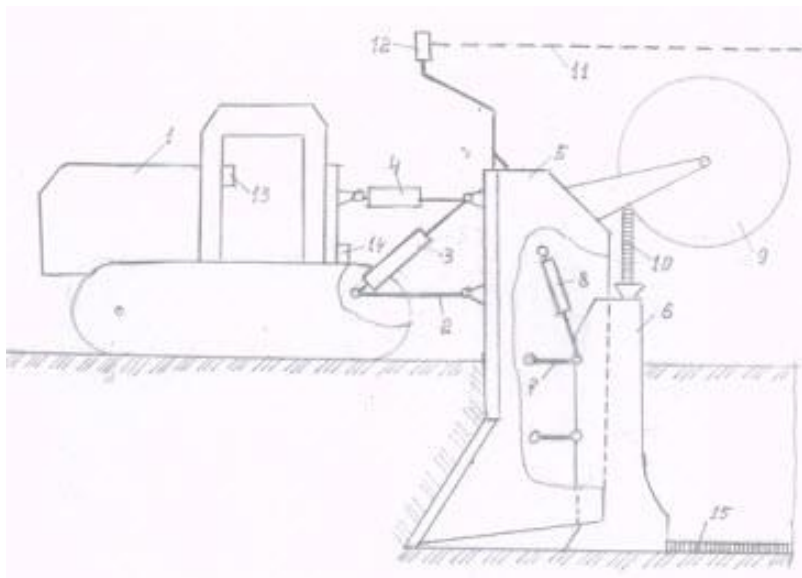


Рисунок 2 – Схема бестраншейного дреноукладчика с ЛСАУ: 1-базовый трактор, 2, 7-параллелограммные навески, 3, 4, 8-гидроцилиндры, 5-рабочий орган (нож), 6-трубоукладчик, 9-бухта с пластмассовой дренажной трубой 10, 11-лазерный луч, 12-приемник, 13-пульт управления, 14-электрогидроблок, 15-проекная глубина укладки дрены.

ЛСАУ включает лазерный передатчик, формирующий лазерный луч 11, приемник 12, пульт управления 13, электрогидроблок 14 и исполнительный гидроцилиндр 3 навески

рабочего органа 5. При укладке дрены гидроцилиндр 4 устанавливается в запертом положении. Когда центр приемника 12 расположен на базе отсчета (лазерный луч 11, параллельный заданному уклону дрены), рабочий орган 5 находится на проектной глубине укладки дрены 15 при неподвижном положении штока исполнительного гидроцилиндра 3 и плавающем положении гидроцилиндра 8 трубоукладчика 6. В случаях смещения рабочего органа и центра приемника 12 вверх или вниз относительно лазерного луча 11 приемник выработывает электрический сигнал управления, последовательно передающийся сначала на пульт управления 13, затем на электрогидроблок 14 и далее на исполнительный гидроцилиндр 3. Последний через навеску 2 перемещает рабочий орган 5 вместе с приемником 12 вниз или вверх (в сторону устранения возникшего смещения) до момента возвращения центра приемника снова на базу отсчета 11 и рабочего органа на проектную глубину укладки дрены 15, когда исполнительный гидроцилиндр 3 вновь устанавливается в запертом положении. При этом трубоукладчик 6, находясь в плавающем положении, под действием трения и собственного веса прижимается к дну траншеи и сглаживает дно дрены. Если управление ведется исполнительным гидроцилиндром 8, то гидроцилиндр 3 и рабочий орган 5 находятся в плавающем положении, а управление ведется от трубоукладчика 6 при помощи исполнительного гидроцилиндра 8.

Перечисленные выше два способа высотного позиционирования рабочего органа дреноукладчика характеризуются тем, что рабочий орган вертикально перемещается или относительно поверхности земли (базовой машины) или дна отрываемой траншеи (трубоукладчика). Их сравнение показывает, что дреноукладчик, движущийся по неровностям поверхности земли, подвергается значительным продольным колебаниям, которые вызывают наибольшие отклонения рабочего органа с приемником. Это сопровождается частым срабатыванием исполнительного гидроцилиндра рабочего органа при плавающем положении гидроцилиндра трубоукладчика, устраняющего незначительные неровности, образующиеся перемещениями рабочего органа. Опора на дно траншеи резко снижает влияние неровностей поверхности на отклонения рабочего органа с приемником за счет плавающего положения его гидроцилиндра и приводит к значительному снижению количества срабатываний автоматики. Трубоукладчик с параллелограммной навеской, опираясь на дно траншеи, приподнимает или опускает рабочий орган по командам ЛСАУ исполнительным гидроцилиндром относительно трубоукладчика. Несущая способность грунта на дне отрываемой траншеи меньше, чем на поверхности земли из-за повышенной влажности грунта, что приводит к проседанию узкой опорной части трубоукладчика в слабый водонасыщенный грунт и искажению профиля дрены. В особенности это наблюдается при подъеме рабочего органа. Поэтому первый

способ управления высотным положением рабочего органа относительно поверхности земли в таких случаях более предпочтителен.

Способ высотного позиционирования рабочего органа путем изменения его угла наклона широко распространен на зарубежных бестраншейных дреноукладчиках (рисунок 3). В этом случае, нож 1 с жестко скрепленным трубоукладчиком 2 находится с гидроцилиндром 5 в плавающем положении, опираясь на дно щели. При заглублении гидроцилиндр 6 поворачивает нож 1 против часовой стрелки, приподнимая его заднюю часть, и нож постепенно опускается под собственным весом и действием реактивных сил грунта. Если нож, поворачиваясь по часовой стрелке, приподнимает носок относительно дна щели, то происходит плавное выглубление ножа, подошва которого, немного вдавливаясь, опирается на дно. При этом удлиняется общее время отработки сигналов управления на подъем или опускание рабочего органа. Кроме того, в случае остановки движения рабочий орган, отработывая команду управления, искажает проектный профиль дрены. По этим причинам этот способ позиционирования путем изменения угла наклона рабочего органа обладает меньшим быстродействием и точностью, в особенности в неплотных грунтах с повышенной влажностью. Похожая схема управления используется на траншейных дреноукладчиках ДУ-3502, ДУ-4003, Хайконс, ЭТЦ [1].

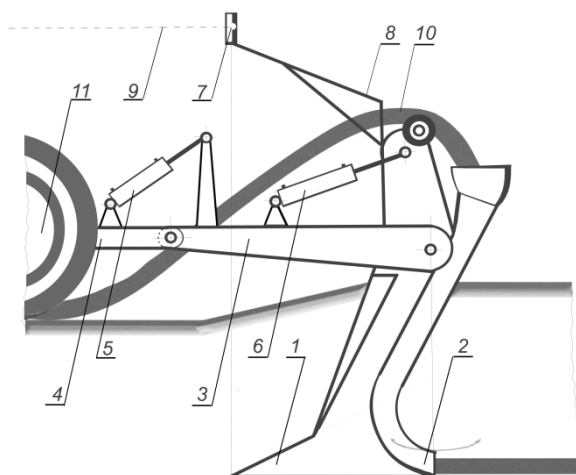


Рисунок 3 – Бестраншейный дреноукладчик США с лазерной (спутниковой) САУ: 1- нож, 2- трубоукладчик, 3-рама, 4-тракторная навеска, 5, 6-гидроцилиндры, 7-приемник, 8- узел крепления приемника, 9- лазерный луч, 10-дренажная труба, 11-трактор.

Более эффективный способ высотного позиционирования рабочего органа бестраншейных дреноукладчиков для зоны орошения предусматривает использование для управления его нижнего подвижного звена (рисунок 4). Профиль дна щели дреноукладчика типа БДМ формируется по командам лазерной ЛСАУ и системы программного автоматического управления (СПАУ), что позволяет независимо от ограниченного диапазона перемещения зуба автоматически регулировать в требуемых пределах глубину

копания. ЛСАУ состоит из подвижного нижнего зуба 3, исполнительного гидроцилиндра 4, электрогидроблока, пульта управления и приемника 2, закрепленного на штанге. СПАУ включает нож с зубьями, раму, опирающуюся на лыжи с гидроцилиндрами 6, электрогидроблок и переключатель с контактами 10, 11, 12, которые замыкаются упором штанги при ее перемещении. Переключатель выполняет роль программатора. ЛСАУ постоянно работает при положении упора между контактами 10 и 12. Когда упор замыкает верхний или нижний контакт при помощи СПАУ происходит включение гидроцилиндров 6 лыж на подъем или опускание рабочего органа. Длительность включения продолжается до момента замыкания упором среднего контакта 11. Одновременного с этим подвижной зуб постоянно поддерживает заданное высотное положение с помощью гидроцилиндра 4 по сигналам приемника 2 относительно лазерного луча 1 (Авторское свидетельство СССР № 591015 «Дреноукладчик», 1977).

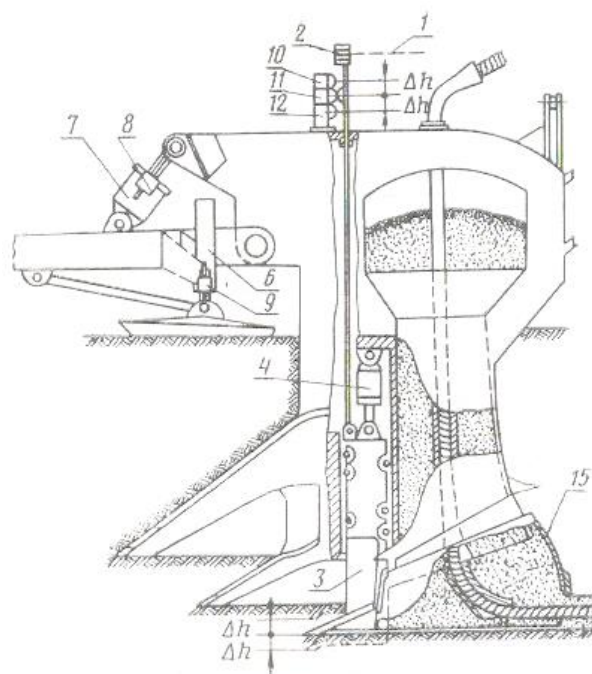


Рисунок 4 - Схема рабочего органа бестраншейного дреноукладчика типа БДМ с лазерной и программной системами управления: 1-лазерный луч, 2- приемник, 3-подвижной зуб, 4-гидроцилиндр зуба, 6-гидроцилиндры лыж, 7-гидроцилиндр поворота ножа, 8,9-датчики перемещений гидроцилиндров, 10, 11, 12-контакты переключателя, 15- секция бункера.

Применение подвижного зуба позволяет избежать влияния значительных нагрузок на весь рабочий орган, испытывающий значительные усилия защемления его боковых поверхностей в грунте, повысить быстродействие ЛСАУ и точность укладки дрены. Расстояние Δh между контактами можно регулировать, добиваясь оптимального включения СПУ во избежание попадания подвижного зуба в крайние положения, что положительно сказывается на точности укладки дрены.

На рисунке 5 приведен пример комбинированного высотного позиционирования рабочего органа бестраншейного дреноукладчика МД-12 с применением двух независимых систем автоматического управления [1]. ЛСАУ осуществляет высотное регулирование положений рабочего органа относительно поверхности земли или дна щели и состоит из приемника 17 лазерного излучения, закрепляемого на подвеске 13, пульта управления 12, электрогидроблока 10 и исполнительного гидроцилиндра 8. Вторая система угловой автоматической стабилизации СУАС рабочего органа относительно горизонта поддерживает постоянный угол резания по цепи управления: 11 - угловой датчик, 18 – пульт управления, 10 – электрогидроблок, 9 – исполнительный гидроцилиндр. Точность укладки дрен с угловыми перемещениями рабочего органа сильно ограничена параметрами датчика угла наклона, испытывающего значительные переменные возмущающие воздействия (толчки) в продольной плоскости движения, что вызывает автоколебательные процессы при управлении. Демпфирование датчика существенно снижает точность. Аналогичная САУ применена на траншейном дреноукладчике ЭТЦ-406.

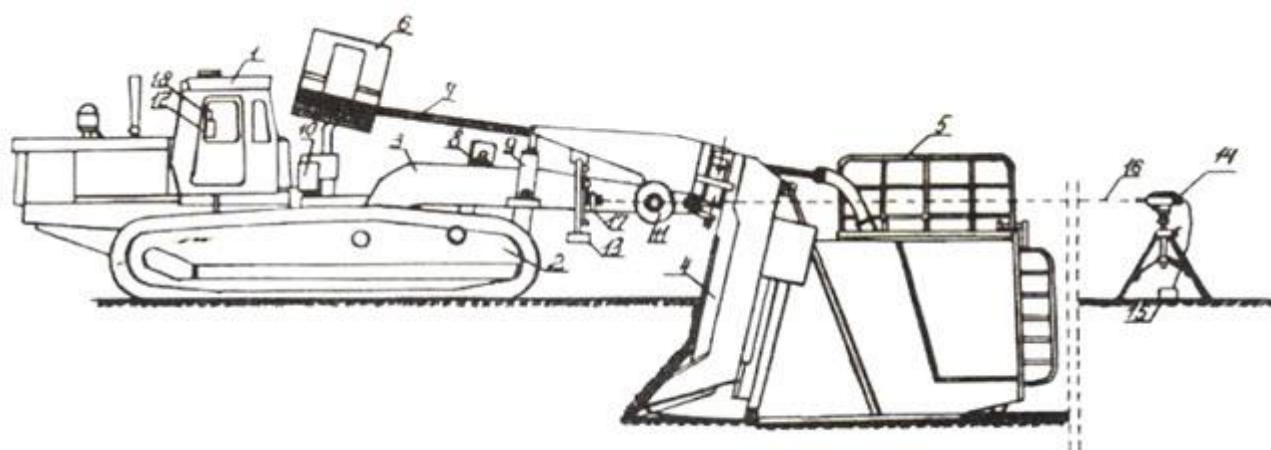


Рисунок 2.12 - Схема бестраншейного дреноукладчика с ЛСАУ и СУАС: 1- трактор, 2- гусеничный движитель, 3- рама, 4-рабочий орган-нож, 5-трубоукладчик, 6- бухтодержатель, 7- дренажная труба, 8,9- гидроцилиндры подъема и поворота ножа, 10- электрогидрогидроблок, 11-датчик угла, 12,18-пульта управления, 13-подвеска приемника, 14-лазерный передатчик, 15-аккумулятор, 16-лазерный луч, 17-приемник.

Высотное позиционирование рабочего органа может также осуществляться параллельным взаимодействием двух систем управления: ЛСАУ, перемещающей рабочий орган относительно поверхности земли или дна траншеи, и независимой системы программного автоматического управления (СПАУ), в которой управляющее воздействие изменяется по заранее составленной программе в функции пройденного пути (рисунок 6). ЛСАУ включает горизонтальную опорную плоскость 2, образуемую вращением лазерного луча, приемник 3, пульт управления 9, электрогидроблок 11 и исполнительный гидроцилиндр 12. СПАУ состоит из актуатора 4 с встроенным электродвигателем 5 и

датчиком перемещений штока, узла подвески актуатора с грузом 6, кронштейна 7, датчика пути 8 и программатора 10, вычисляющего и регулирующего перемещения штока актуатора в зависимости от заданного уклона и пройденного пути. Уклон дрены задается СПАУ путем вертикального перемещения приемника относительно рабочего органа, в то время как ЛСАУ одновременно удерживает приемник на горизонтальной лазерной плоскости. Такой способ управления позволяет укладывать дрены с различными и переменными уклонами без перестановки передатчика и его настройки, что значительно снижает подготовительные работы и исключает простои машины. Кроме того, возможно применять одновременно несколько дреноукладчиков, работающих от одного лазерного передатчика с круговым горизонтальным вращением луча на площади строительства до 50 га [2].

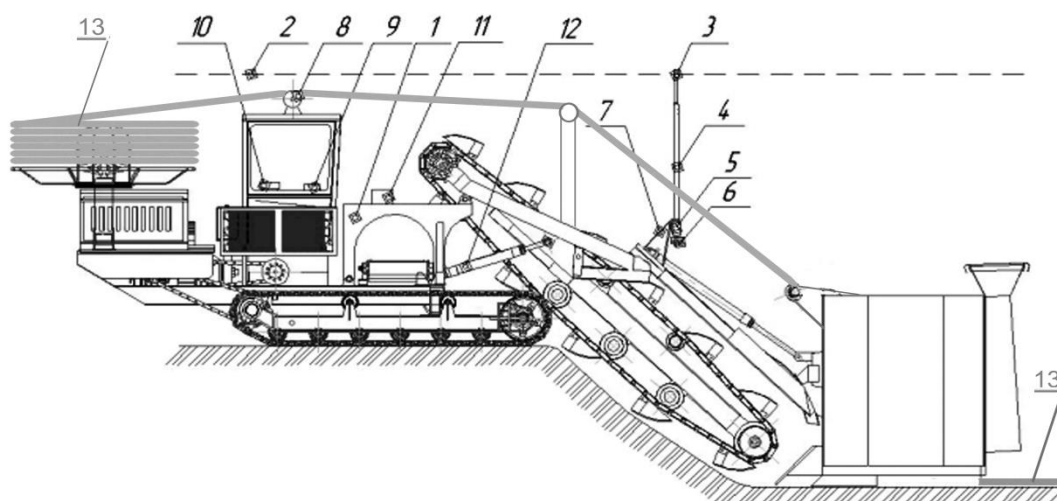


Рисунок 6 – Схема дреноукладчика ЭТЦ-2012 с лазерной и программной системами управления: 1 – дреноукладчик, 2 – лазерная опорная плоскость, 3 – приемник, 4 – актуатор, 5 – электродвигатель, 6 – груз, 7 – узел подвески, 8 – датчик пути, 9 – пульт управления, 10 – программатор, 11 – электрогидроблок, 12 – гидроцилиндр подъема и опускания рабочего органа.

Сравнение расчетных (помечены звездочкой *) и фактических показателей перечисленных систем автоматического управления различных дреноукладчиков приведены в таблице 1.

Таблица 1–Технические характеристики систем автоматического управления

| Способ укладки дренажа | Траншейный, узкотраншейный | | | Бестраншейный | | | |
|---|---|------------------------------------|---|---|---|---|-----------------|
| | ДУ и др. стран | ЭТЦ | | ДБ | БДМ | МД | США и др. стран |
| Способ позиционирования рабочего органа | от дна траншеи с углом поворота рабочего органа | от дна траншеи и поверхности земли | от дна траншеи и поверхности земли с перемещением приемника | от поверхности земли с нижним подвижным элементом (зубом) | от дна траншеи и поверхности земли с углом поворота рабочего органа | от дна траншеи с углом поворота рабочего органа | |
| Тип САУ | ЛСАУ | ЛСАУ | ЛСАУ + ПСАУ | ЛСАУ + ПСАУ | ЛСАУ + ПСАУ | ЛСАУ + СУАС | ЛСАУ или НСАУ |
| Частота включения гц | | до 30 ЛСАУ | до 20 ЛСАУ до 15 ПСАУ | до 20 ЛСАУ | | до 30 ЛСАУ до 30 СУАС | |
| Время быстрого действия, с | | 0,5-3 ЛСАУ | 0,5-3 ЛСАУ 0,1-0,2 ПСАУ | 0,5-1 ЛСАУ 3-4* ПСАУ | 0,5-1* ЛСАУ 3-5* ПСАУ | 0,5-3 ЛСАУ 1-3 СУАС | |
| Точность укладки дренажа, ± см | 3 | 3-4 | 2-3 | 2* | 2* | 3-4 | 3 |

Примечание: ЛСАУ - лазерная система автоматического управления, ПСАУ - программная система автоматического управления, СУАС - система угловой автоматической стабилизации, НСАУ - навигационная система автоматического управления.

Как видно из этой таблицы, наиболее предпочтительным способом высотного позиционирования рабочего органа является использование его нижнего подвижного элемента (зуба), который обладает меньшей инерционностью, снижает нагрузки на исполнительный орган, имеет более высокое быстродействие САУ и обеспечивает самую высокую точность укладки дрены.

Список используемых источников

1. А.Н. Ефремов, А.К. Камальдинов, А.И. Мармалев, В.Г. Самородов. Лазерная техника в мелиоративном строительстве. М.:Агропромиздат, 1989, 223 с.
2. А.Н.Ефремов. Лазерно-программные системы управления дреноукладчиков. Материалы международной конференции. Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК: ВНИИГиМ, М, 2017. С 348-354.