

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УКЛАДКИ ДРЕНАЖА ПРИ ВЫСОКОМ УРОВНЕ ГРУНТОВЫХ ВОД

Бедретдинов Г.Х.

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, г. Москва, Россия

Существующие комплексно-механизированные технологии укладки дренажа при высоком уровне грунтовых вод предусматривают выполнение дополнительных операций по водопонижению с помощью открытых траншей или вспомогательных дрен [1]. Открытые траншеи или вспомогательные дрены устраиваются на расстоянии соответственно 6...16 и 0,7...3,0 м, от оси основной дрены, а глубины их укладки достигают 6...7 м. Основные дрены укладываются дреноукладчиками в осушенный грунт на глубину 2,0...4,0 м и выполняется с фильтрующей песчано-гравийной обсыпкой. Существенным недостатком традиционных технологий является снижение производительности дреноукладчиков при уровнях грунтовых вод выше дна траншеи [2]. Низкая производительность укладки дренажа в таких условиях вызвала необходимость усовершенствования конструкции ведущей машины.

По результатам исследований ВНИИГиМ разработан дреноукладчик ДУ-4003 для укладки дренажа при высоком уровне грунтовых вод [3]. Рабочий орган дреноукладчика состоит из активной части и пассивного укладчика дрены. Активная часть - цепного типа с разрыхляющими и транспортирующими элементами осуществляет разработку грунта сверху вниз, перенос его через нижнюю точку и разгрузку за рабочим органом. Конструктивная ширина бункера укладчика меньше ширины разрыхления, за счет этого разгружаемый грунт проходит между стенками траншеи и бункера и закрывает укладываемую дрину. Обратное вращение цепи обеспечивает высокую эффективность работы машины в обводненных грунтах и позволяет проводить укладку с одновременной обратной засыпкой уложенной дрены.

Для оценки эффективности обратной засыпки дрены рассмотрим работу транспортирующего элемента восходящей ветви рабочего органа дреноукладчика (рис.1).

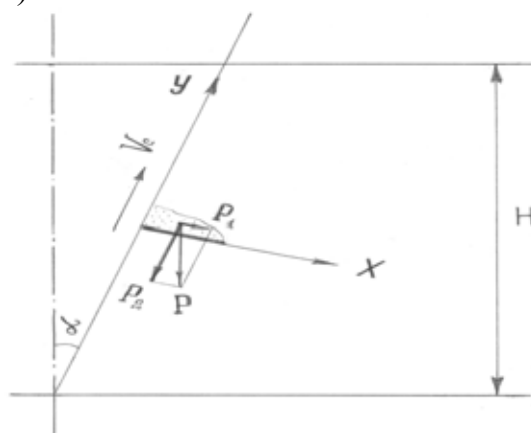


Рисунок 1 - Схема к оценке эффективности раскладки грунта восходящей ветвью цепи рабочего органа дреноукладчика ДУ-4003

Рассмотрим движение грунта по лопатке в системе координат UX

(рис.1), в которой ось Y направлена вдоль вектора скорости восходящей части рабочей цепи, а X – вдоль транспортирующего элемента.

В процессе выноса грунта на транспортирующий элемент действуют статическая сила, от массы транспортируемого грунта $P = mg$. При угле наклона транспортирующей цепи к вертикали α , скатывающая составляющая силы веса $P_1 = mg \sin \alpha$ способствует разгрузке грунта, а нормальная составляющая $P_2 = mg \cos \alpha$ создает силу $F_T = f mg \cos \alpha$, препятствующую разгрузке грунта с транспортирующего элемента. Тогда уравнение движения грунта

$$m \frac{dV}{dt} = mg \sin \alpha - f mg \cos \alpha,$$

где, V - скорость движения грунта по лопатке, m - масса грунта на лопатке, g - ускорение свободного падения, f - коэффициент трения грунта по лопатке, t - время.

Или после преобразований

$$dV = (g \sin \alpha - f g \cos \alpha) dt.$$

После интегрирования выражение скорости движения грунта

$$V = (g \sin \alpha - f g \cos \alpha) t + C_1.$$

Постоянную величину C_1 находим из условия, что начало разгрузки грунта происходит с нижней точки восходящей ветви, в которой при $t=0$ $V=0$. При указанных условиях постоянная $C_1=0$.

Тогда выражение скорости движения грунта по лопатке

$$V = (g \sin \alpha - f g \cos \alpha) t,$$

С учетом того, что скорость движения грунта $V = \frac{dx}{dt}$, где x - длина разгрузки, уравнение движения грунта

$$dx = (g \sin \alpha - f g \cos \alpha) t dt.$$

После интегрирования

$$x = 0,5 g (\sin \alpha - f \cos \alpha) t^2 + C_2$$

Постоянную величину C_2 находим из условия, что в начале разгрузки при $t=0$ $x=0$. При указанных условиях постоянная $C_2=0$.

Тогда выражение пути разгрузки $x = 0,5 g (\sin \alpha - f \cos \alpha) t^2$.

В исследуемом процессе разгрузка транспортирующего элемента происходит при постоянной скорости равной скорости рабочей цепи V_u , тогда время разгрузки $t = \frac{S}{V_u}$, где S – длина пути разгрузки. Длина пути разгрузки

$$S = \frac{H}{\sin \alpha}, \text{ где } H \text{ – глубина укладки дрены, тогда время разгрузки } t = \frac{H}{V_u \sin \alpha}.$$

После подстановки выражения времени t длина пути разгрузки

$$x = 0,5 g (\sin \alpha - f \cos \alpha) \left(\frac{H}{V_u \sin \alpha} \right)^2.$$

Таким образом, на процесс разгрузки влияют физические свойства грунта и конструктивные параметры транспортирующих элементов: угол наклона восходящей ветви цепи, скорость цепи рабочего органа и глубина укладки дренажа.

Многообразие влияющих факторов затрудняет выбор оптимальных параметров транспортирующих элементов рабочей цепи дреноукладчика. Сочетание постоянных угла наклона восходящей ветви цепи α и высоты лопатки со значительными диапазонами изменения глубины укладки $H=2\ldots 4\text{ м}$ и скоростей цепи $V_{\text{ц}}=1,5\ldots 6,0\text{ м/с}$, приводит к неизбежному выносу грунта на поверхность траншеи.

Проведенные в процессе заводских испытаний замеры позволили получить характерные профили выноса грунта цепным рабочим органом дреноукладчика ДУ-4003 при различных глубинах укладки и режимах работы машины.

Замеры профилей (рис.2) показывают, что выносимый грунт влажностью 21,7...25,2% укладывается на расстояние до 1,2 м от бровки траншеи, а высота валиков достигает 0,25 м. Грунт влажностью 16,5 ...17,9 % укладывается на расстояние до 1,0 м от бровки, а высота валиков достигает 0,55м. Вынос грунта относительно профиля траншеи составляет:

глубина укладки, м	влажность грунта, %	вынос грунта, %
3,8	21,7...25,2	20,9
3,8	16,5...17,9	21,4
3,5	16,5...17,9	23,4
3,3	16,5...17,9	26,1

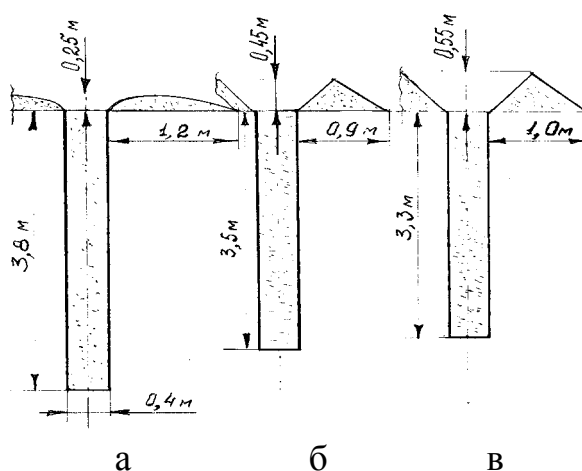


Рисунок 2 - Профили разработки и выноса грунта цепным рабочим органом дреноукладчика ДУ-4003 при скорости цепи 3,8 м/с:

а – грунт влажностью 21,7...25,2%; б, в – 16,5...17,9%

Эффективность работы цепного рабочего органа дреноукладчика можно оценить по отношению фактической величины выноса к минимальной, определяемой коэффициентом разрыхления грунта. В результате расчета при коэффициенте разрыхления суглинка 1,2 величина относительного выноса

грунта при глубине укладки 3,8 м составила 4,5... 7,0 %. При постоянной скорости цепи рабочего органа уменьшение глубины укладки до 3,5...3,3 м приводит к повышению относительного выноса грунта до 17...30,5%.

Компенсацию выноса грунта из траншеи предлагается выполнять предварительным устройством по трассе дрены дополнительной выемки с крутыми откосами. Глубина выемки назначается по толщине растительного слоя, ширина по верху должна быть меньше ширины просвета между гусеницами ходового оборудования и должна обеспечивать работу дренаукладчика по седлающей схеме. При этом в процессе укладки дренажа выносимый из траншеи минеральный грунт возвращается по крутым откосам в траншею и предотвращает вынос минерального грунта на поверхность поля.

Работа цепного рабочего органа дренаукладчика связана с образованием водогрунтовой смеси в зоне выпора грунтовой воды. Укладка дренажа в водогрунтовую смесь связана с риском интенсивного заилиения поверхности дренажного фильтра. Исключить интенсивное заилиение позволяет выполнение дренажной обсыпки. Для её выполнения могут применяться традиционные песчано-гравийные смеси. Разработаны конструкции дрена, укладываемых в ложе ниже дна траншеи с укрытием песчано-гравийной смесью [4], позволяющие до минимума сократить объем обсыпки. Исследованы и рекомендованы к внедрению конструкции многослойных фильтров и фильтров с предварительной поверхностной обработкой [5], позволяющие укладывать дрены без обсыпки.

В результате синтеза положительных конструктивных и технологических элементов для данных условий предложены две основные конструкции дренажных систем (рис. 3).

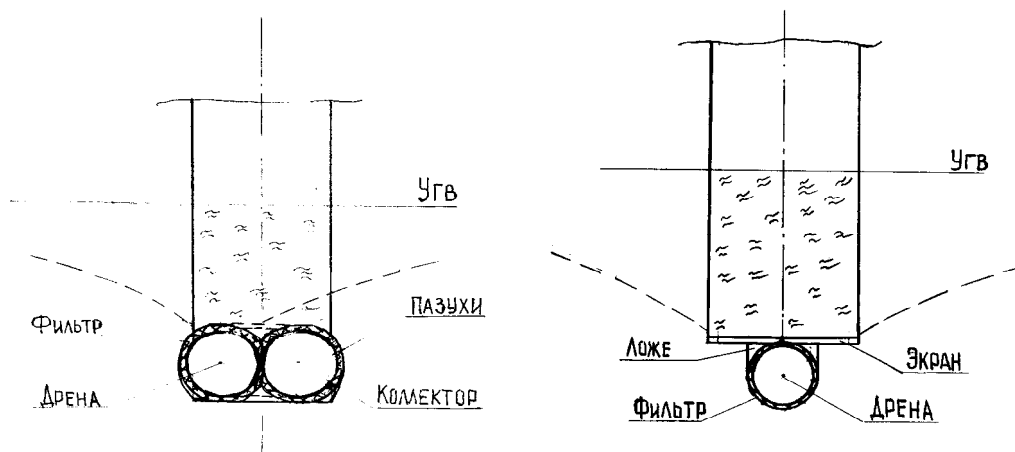


Рисунок 3 - Конструкции дренажных систем при уровнях грунтовых вод выше линии укладки дрена

Дренажная система, состоящая из соединенных двух труб, обернутых синтетическим фильтром, рекомендуется для укладки хозяйственных и межхозяйственных коллекторов. Применение плети из двух труб позволяет выполнять водопонижение по трассе и последующий прием грунтовой воды из полевых дрена. Для укладки дренажной системы из двух труб предложен способ (патент РФ №2310037) в котором плеть из двух труб подается в

направляющую спускного желоба большей осью вдоль траншеи. При проходе по спиралевидному участку желоба плетень поворачивается и укладывается на дно поперек оси траншеи. В процессе укладки выполняется фиксация плетня в пазухах, выполняемых в стенках траншеи и обратная засыпка грунта.

Для укладки полевых дрен рекомендуется дренажная система с защитным экраном. Дренажная труба с синтетическим фильтром укладывается в ложе, выполняемое ниже дна траншеи, а защитный экран укладывается на дно траншеи и защищает дренаж от водогрунтовой смеси. Прием воды осуществляется боковой и нижней поверхностью дрены. Для укладки полевых дрен с защитным экраном предложен способ (патент РФ №235477), в котором подача дрены в спускной желоб осуществляется завернутой экраном. Ложе выполняется в процессе разработки траншеи. Раскрытие экрана выполняется при проходе по спускному желобу. Укладка дренажной системы обеспечивается профильной конструкцией лемеха спускного желоба трубоукладчика.

Технология строительства коллекторно-дренажной сети включает выполнение ряда подготовительных, основных и заключительных операций (рис.4).

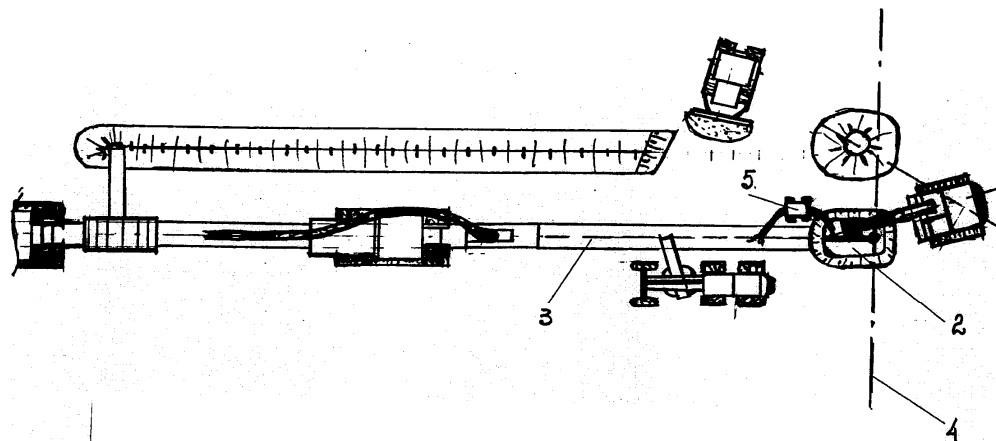


Рисунок 4 - Технология строительства горизонтального дренажа при высоком уровне грунтовых вод: 1 - лазерный указатель, 2 - заходной шурф, 3 - дрена, 4 - коллектор, 5 - насос

В состав подготовительных операций входят: снятие растительного слоя по трассе дрены, устройство заходного шурфа для дреноукладчика, раскладка трубы по трассе, установка оборудования автоматического выдерживания заданного уклона дрены, установка дреноукладчика, заправка и заякоривание дренажной трубы.

Снятие растительного слоя по трассе дрены проводится роторным экскаватором. Укладка грунта роторным экскаватором производится на одну сторону от оси выемки.

Заходные шурфы выполняются одноковшовым экскаватором с рабочим оборудованием обратная лопата вместимостью ковша 0,25...0,5 м³. При устройстве шурфов проводится раздельное снятие растительного и минерального грунта. Укладка растительного грунта проводится на

поверхность поля, минерального – на расчищенную поверхность минерального грунта. Глубина заходного шурфа должна превышать на 0,5 м проектную глубину дрены. Откачка воды из шурфа выполняется насосом с подачей её в компенсационную выемку для доувлажнения необводненной части минерального грунта выше уровня грунтовых вод.

Раскладка дренажных труб по трассе проводится на защитную пленку для исключения загрязнения поверхности синтетического фильтра. Выдерживание проектного уклона дрены осуществляется с помощью лазерной системы. Установка лазерного излучателя выполняется в местах, обеспечивающих заданные параметры укладки, при минимальном числе перестановок оборудования.

Установка дреноукладчика выполняется на подготовленную трассу. После установки машины проводятся: заправка дренажной трубы в бункер укладчика, опускание рабочего органа в отрытый шурф, закрепление конца трубы в шурфе и настройка системы выдерживания заданного уклона.

Ведущей операцией технологического процесса является укладка дрены. Укладка осуществляется за один проход с разработкой грунта, обратной засыпкой траншеи и укладкой дрены. Минимальные затраты мощности на разработку грунта обеспечиваются при ножевой системе, включающей чередование разрыхляющих и транспортирующих элементов при угле наклона нисходящей части рабочей цепи машины 90 градусов. Допустимая равномерность раскладки грунта за рабочим органом обеспечивается в диапазоне изменения рабочих скоростей цепи от 2 до 5 м/с, при углах наклона восходящей ветви цепи до 15°. Увеличение угла наклона восходящей ветви цепи может быть обеспечено за счет изменения угла наклона нисходящей ветви с 90 до 100°, при этом потребляемая мощность увеличивается на 8...10%.

В состав заключительных операций входят: устройство выходного шурфа, устройство смотрового колодца в истоке дрены, стыковка дренажных труб с коллектором, обратная засыпка шурфов, планировка поверхности и восстановление растительного слоя на строительной полосе.

Выходной шурф отрывается одноковшовым экскаватором с рабочим оборудованием обратная лопата вместимостью ковша 0,25...0,5 м³ после укладки полной проектной длины дрены. Устройство смотрового эксплуатационного колодца выполняется после откачки грунтовой воды из выходного шурфа. Стыковка дрены с коллектором выполняется после монтажа выходной части. Обратная засыпка шурфов выполняется после стыковки дрены с коллектором.

Восстановление растительного слоя на строительной полосе и планировка поверхности проводятся после снижения уровня грунтовых вод, осушения и естественного уплотнения грунта в сечении дрены. Восстановление растительного слоя проводится бульдозером с поворотным отвалом класса 4...6. Планировка поверхности производится автогрейдером легкого типа.

Проведенные заводские испытания показали высокую

работоспособность дренаукладчика ДУ-4003. Техническая производительность машины в супесчаных грунтах составила 96...119 м/час при глубине 3,8...3,3 м и уровне грунтовых вод 1,5 м от поверхности почвы.

На основании проведенных исследований рассчитаны стоимостные показатели строительства дренажа по предлагаемой технологии и сравнительные технико-экономические показатели существующей и предлагаемой технологий.

Расчетные стоимостные показатели технологии строительства дренажа из труб диаметром 100 мм (стоимость труб с фильтром 130,9 руб/м):

Глубина укладки, м	Удельная протяженность, м/га	Стоимость строительства, руб/га,
2,5	187	30196
3,0	159	27120
3,5	139	25671
4,0	128	26657

Сравнительные технико-экономические показатели технологий укладки дренажа:

Наименование показателей предлагаемая	Технологии: существующая [1,2]	
Уровень механизации %%	78,8...93,7	95,0
Ширина строительной полосы, м	до 14	до 6
Объем земляных работ, м ³ /м	3,0...4,4	1,0...1,6
Себестоимость строительства, руб/м	103...117	31...77

Предлагаемая технология рекомендуются для отработки и внедрения в засушливых районах юга России.

Литература

1. Миронов В.И., Лещенко А.В., Миронов А.В., Каратунов В.В. Технология строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения: Рекомендации. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2007. 28 с.
2. Миронов В.И. Комплексно-механизированные технологии строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения узкотраншейным способом. –Автореф. Дисс на соискание ученой степени д.т.н.- . –Автореф. Дисс на соискание ученой степени д.т.н.- Новочеркасск 2004. 51 с.
3. Левчиков А.А. Проблемы закрытого дренажа на орошаемых землях Российской Федерации. Мелиорация и окружающая среда. Том II.- М.: ВНИИА, 2004.- с. 182...185.
4. Бердянский В.В. Бердянский В.Н. Создание и внедрение новых эффективных конструкций горизонтальных дренажей закрытого типа и рациональных способов их строительства. В кн. Мелиорация: этапы и перспективы развития. Материалы международной научно- производственной конференции.- М.,2006. с.244...248.
5. Кирейчева Л.В. Дренажные системы на орошаемых землях: прошлое, настоящее, будущее.– М.: ВНИИГиМ, 1999, 202 с.