

Технологии и средства механизации

УДК 502/504:631.626

А.В. МИХЕЕВ, Е. С. ШЕМЕТ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Новочеркасская государственная мелиоративная академия»

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ТРУБЧАТОЙ ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ

Представлена усовершенствованная технология очистки трубчатой дренажной сети оросительных систем. Выведены аналитические зависимости, адекватно описывающие процессы очистки дренажных труб и перемещения дренажнопромывочного устройства с водоподающим шлангом.

Технология, дренажнопромывочное устройство, шлангоподающее устройство, дренажная труба, водоподающий шланг.

The work represents an advanced treatment technology of pipe drainage systems. Analytical dependencies are derived which adequately describe processes of drain pipes treatment and travel of drainage washing device with a water-fed hose.

Technology, drainage washing device, hose-supplying device, drain pipe, water-fed hose.

Международный и отечественный опыт показал, что трубчатая дренажная сеть в значительной степени влияет на состояние орошаемых земель. От эффективности ее работы зависит водно-солевой режим почв и урожайность сельскохозяйственных культур, возделываемых на орошаемом участке [1].

В процессе эксплуатации дренажной сети на орошаемом участке происходит заиливание внутренней полости дренажных труб, что приводит к снижению водоприемной способности дрен и увеличению уровня грунтовых вод. Для очистки внутренней полости дренажных труб от илистых отложений применяют различные способы, но наиболее эффективным и экологически безопасным является гидравлический способ. В нашей стране и за

рубежом разработаны технологии и средства механизации для очистки дренажных труб гидравлическим способом. Применение их на оросительных системах малоэффективно [1, 2].

К причинам, влияющим на эффективность очистки, можно отнести отсутствие научно обоснованный гидромеханизированной технологии и комплекса машин для очистки трубчатой дренажной сети оросительных систем, адаптированных к изменяющимся условиям эксплуатации, а также отсутствие научно-технических основ размыва и транспортирования илистых отложений, перемещения дренажнопромывочных устройств с водоподающим шлангом внутри дренажных труб, что представляет актуальную научную проблему, имеющую большое теоретическое и хозяйственное значение.

На основании изложенного сформулирована следующая научная гипотеза: повышение эффективности очистки трубчатой дренажной сети оросительных систем возможно за счет усовершенствования технологии, технических средств и комплекса машин.

Существующие технологии очистки трубчатой дренажной сети оросительных систем предусматривают применение высоконапорных дренопромывочных машин (с рабочим давлением 2,5...10 МПа), предназначенных для промывки дрен в зоне осушения (МР-18, Д-910, ПДТ-125). Данные технологии отличает недостаточная эффективность очистки трубчатой дренажной сети и высокая стоимость производства работ [1].

Анализ применяемых способов подачи дренопромывочных устройств (ДПУ) с водоподающим шлангом в дренажную трубу показал, что максимальная длина промывки дренажных труб современными дренопромывочными машинами не превы-

шает 125 м, из-за чего требуется отрывка технологических шурфов по трассе дрены между смежными смотровыми колодцами.

Перечисленные факторы приводят к снижению производительности комплекса машин для очистки трубчатой дренажной сети оросительных систем до 35 м/ч.

Рассмотрев существующие технологии, технические средства и конструкции ДПУ для очистки трубчатой дренажной сети, установили, что дренопромывочное устройство одновременно и непрерывно обеспечивает процесс размыва илистых отложений и транспортирование пульпы, а также перемещается внутри дрены с водоподающим шлангом.

С учетом полученных данных были проведены теоретические исследования, в результате которых получены аналитические зависимости для определения размывающей скорости струй дренопромывочного устройства при очистке дренажных труб от связанных илистых отложений [3]:

с тыльными струями –

$$V_p = \sqrt{\frac{0,5726 \left(C + \left(P_n + 1,7465 \frac{G_p}{d^2} \cos(\theta_0 + \alpha) \right) \cos \alpha \right)}{\frac{n}{m} (0,2986 + 0,0353 \cos \alpha) \rho_0 - \frac{7\pi}{30} \rho_n \frac{d_{0m}^2 D^2}{a d_0^2 \sin^2 \alpha} \left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 - \alpha \right)}}; \quad (1)$$

с фронтальными струями –

$$V_p = \sqrt{\frac{0,5726 \left(C + P_n + 1,7465 \frac{G_p}{d^2} \cos \theta_0 \right)}{0,3339 \left(\frac{n}{m} - 3,2237 \alpha_3 \left(\frac{\pi}{\pi - \alpha} \right)^2 \sin \alpha \right) \rho_0 - \frac{7\pi}{30} \rho_n \frac{d_{0m}^2 D^2}{a d_0^2 \sin^2 \alpha} \left(\frac{\pi}{2} - \theta_0 \right) \left(\frac{\pi}{\pi - \alpha} \right)^2}}; \quad (2)$$

где C – сцепление частиц илистых отложений, Па; P_n – пригружающее действие водного потока, Па; G_p – сила тяжести частицы в воде, Н; d – средний диаметр агрегата илистых отложений, м; θ_0 и θ – соответственно начальный и текущий углы положения центра тяжести агрегата илистых отложений, рад; α – угол наклона размывающих сопел, рад; n – коэффициент пульсации, учитывающий пульсационный характер скорости струи; m – коэффициент условий работы; ρ_0 – плотность воды, кг/м³; ρ_n – плотность частиц илистых отложений, кг/м³; d_{0m} – диаметр

тангенциальных сопел, м; D – диаметр дрены, м; $a = \frac{564,48 C_x S d_n^2 \varphi_p^2}{\pi \eta (D - d_n)^2 \varphi_m^2}$ – постоянная величина

для конкретных условий, м²; d_0 – диаметр размывающих сопел, м; α_3 – коэффициент отношения сухих контактов к общей опорной части частицы.

Рассмотрев процесс взаимодействия размывающей струи со связными илистыми отложениями внутри дренажной трубы, установили скорость подачи дренопромывочного устройства [3]:

$$U_n = \frac{d d_0 n_n n_c}{h_u \sin \alpha} \left(\frac{v_{pc}}{v_p} \right)^2, \quad (3)$$

где n_n – частота вращения струеформирующего насадка ДПУ, с⁻¹; n_c – число размывающих сопел ДПУ; h_u – толщина слоя илистых отложений в дрене, м; v_{pc} – действительная скорость размывающих струй ДПУ, м/с.

Для эффективной очистки внутренней полости дренажных труб необходимо решить три основные задачи: доставить ДПУ в любую точку дрены, подать к нему под требуемым напором соответствующее

количество воды, удалить илистые отложения из внутренней полости дренажной трубы.

Решение перечисленных задач возможно только при надежной работе специального шлангоподающего устройства (патент № 78895), располагающегося непосредственно в дренажном колодце. Главным конструктивным параметром шлангоподающего устройства (ШПУ) является диаметр шкива $D_{ш}$.

Нормальные силы в сечениях набегавшей и сбегавшей ветвей водоподающего шланга получили, используя метод кинестатики и рассмотрев условие мгновенного равновесия малого элемента шланга на шкиве ШПУ. Установлена зависимость для определения окружной силы на шкиве шлангоподающего устройства:

$$F_t = \frac{f_k (F_c e^{f\beta} - (F_b - F_u)(e^{f\beta} - 1))}{\left(1 - \frac{f_k}{f}\right)(e^{f\beta} - 1)} + F_c, \quad (4)$$

где f_k – коэффициент трения качения роликов прижимающей обоймы ШПУ по шлангу; F_c – сила сопротивления перемещению водоподающего шланга и ДПУ, Н; f – коэффициент трения шланга о шкив ШПУ; β – центральный угол дуги скольжения шланга по шкиву ШПУ, $\beta = 0,7\alpha_{ш}$, рад; $\alpha_{ш}$ – угол обхвата шкива ШПУ шлангом, рад; F_b – сила гидродинамического воздействия воды на внутреннюю стенку шланга, Н; F_u – усилие от напряжения изгиба, действующее по нормальным площадкам шланга, Н.

По мере перемещения водоподающего шланга с ДПУ внутри дренажной трубы возрастает сопротивление перемещению F_c . Анализ сил, действующих на ДПУ с водоподающим шлангом, позволил получить зависимости для определения сопротивления перемещению водоподающего шланга и ДПУ [3]:

с фронтальными струями –

$$F_c = \frac{f_{ш} q (L - l_{ш1}) + f_d \left(G_{ДПУ} + q \frac{l_{ш1}}{2} \right) + R_{сф}}{1 - f_{ш} \frac{\Delta}{l_{ш1}}}; \quad (5)$$

с тыльными струями –

$$F_c = \frac{f_{ш} (q_2 (L - 2l_{ш1}) + ql_{ш1}) + f_d \left(G_{ДПУ} + q \frac{l_{ш1}}{2} \right) - R_{ср}}{1 - f_{ш} \frac{\Delta}{l_{ш1}}}, \quad (6)$$

где $f_{ш}$ – коэффициент трения водоподающего шланга о стенку дрены; q – равномерно распределенная нагрузка, Н/м; L – длина промывки дрены с одной позиции, м; $l_{ш1}$ – длина изогнутого участка шланга, м; f_d – коэффициент трения направляющих лыж ДПУ о стенку дрены; $G_{ДПУ}$ – сила тяжести ДПУ, Н; $R_{ср(ф)}$ – горизонтальная составляющая реакции тыльных или фронтальных размывающих струй ДПУ, Н; Δ – прогиб водоподающего шланга, м; q_2 – равномерно-распределенная нагрузка на участке $l_{ш2}$ водоподающего шланга, Н/м.

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований предлагается усовершенствованная, ресурсосберегающая технология гидромеханизированной очистки трубчатой дренажной сети оросительных систем низконапорной ($H = 100$ м) дренопромывочной машиной ДПМ-1.

Усовершенствованная технология состоит из нескольких последовательно выполняемых технологических процессов. На предварительном этапе смотровые колодцы очищают механическим способом, а затем выполняют следующие основные технологические операции (рисунок): 1) промывают дренажную трубу ДПУ с тыльными струями из низового колодца на уклон дренажной линии на расстояние 270 м; 2) перемещают

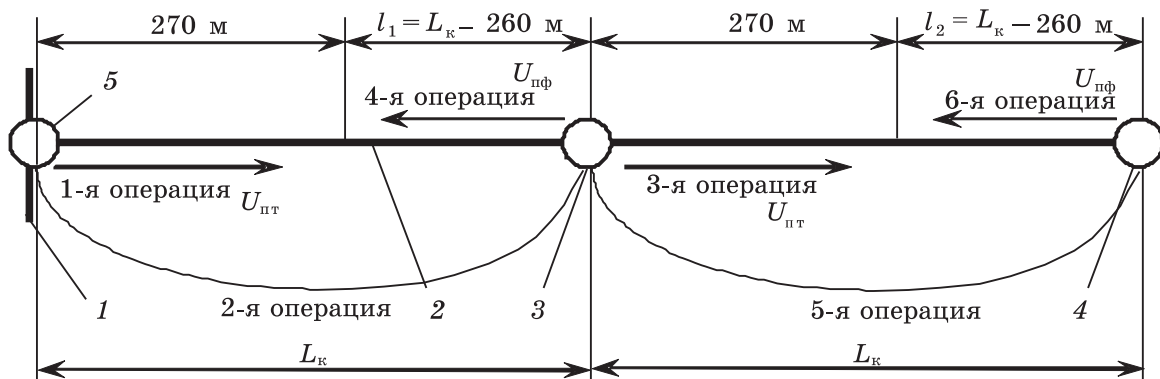


Схема производства работ: 1 – коллектор; 2 – дрена; 3, 4, 5 – центральный, верховой и низовой колодцы соответственно

дренопромывочную машину ДПМ-1 к центральному смотровому колодцу; 3) промывают дренажную трубу ДПУ с тыльными струями на уклон дренажной линии на расстояние 270 м; 4) не меняя позиции, промывают нижележащую дренажную линию ДПУ с фронтальными струями на расстояние $l_1 = L_k - 260$ м, где L_k – расстояние между смотровыми колодцами; 5) перемещают ДПМ-1 к верхнему смотровому колодцу; 6) промывают дренажную трубу ДПУ с фронтальными струями на расстояние l_2 . На заключительном этапе повторно очищают смотровые колодцы и закрывают крышки колодцев.

Выводы

Применение усовершенствованной технологии гидромеханизированной очистки трубчатой дренажной сети оросительных систем позволяет механизировать основные технологические операции, повысить производительность комплекса машин при очистке дренажной сети с 35 (по существу-

ющей технологии) до 135 м/ч (по усовершенствованной технологии), снизить удельный расход воды на промывку дрены с 70 до 17 л/м, а также исключить отрывку технологических шурфов по трассе дрены.

1. Горизонтальный дренаж орошаемых земель / В. А. Духовный [и др.]. – М.: Колос, 1979. – 255 с.

2. Зарицкий А. В. Пластмассовый дренаж в зоне орошения: метод. реком. – Новочеркасск: ФГОУ ВПО НГМА, 1998. – 35 с.

3. Михеев А. В. Технология и средства механизации для очистки трубчатой дренажной сети: монография. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010. – 173 с.

Материал поступил в редакцию 21.04.11.

Михеев Александр Васильевич, кандидат технических наук, доцент, декан факультета механизации

E-mail: avmich@mail.ru

Тел. 8 (8635) 22-76-93, 8-918-526-88-57

УДК 502/504:631.311.5

Ю. Г. РЕВИН

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ЗЕМЛЕРОЙНО-МЕЛИОРАТИВНОЙ МАШИНЫ С ПАССИВНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

Приведены результаты расчетной оценки колебаний навесного плужного каналокопателя типа МК-19 и бестраншейного дреноукладчика типа МД-12. Дана оценка динамическим нагрузкам в их трансмиссиях и металлоконструкциях.

Каналокопатели, дреноукладчики, точность работы, динамические нагрузки.

There are given results of the estimated assessment of vibrations of a hinged plough ditcher of type МК-19 and trenchless drainage machine of type МД-12 and assessment of dynamic load in their transmissions and metal structures.

Ditchers, drainage machines, accuracy of the work, dynamic loads.

К машинам с пассивными рабочими органами относятся плужные каналокопатели и дреноукладчики с ножевыми рабочими органами. Для оценки динамической нагруженности машин были использова-

ны методы статистической динамики, ранее подробно описанные*.

*Докукин А. В., Красников Ю. Д., Хургиян З. Я. Аналитические основы динамики выемочных машин. – М.: Наука, 1966 г. – 156 с.