

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

В.Н. Кондратьев, докт. техн. наук, профессор (РУП "Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси")

При разработке программы оснащения специализированной техникой для ремонта и эксплуатации мелиоративных систем необходимо учесть накопленный мелиораторами опыт в бывшем СССР по использованию одноковшовых экскаваторов на мелиоративных работах.

Применение одноковшовых экскаваторов для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ определяется универсальностью, возможностью очищать каналы больших поперечных сечений, хорошей обзорностью фронта работ, высокими показателями по надежности и долговечности.

Очистка мелиоративных каналов, засоренных крупными камнями или погребенной древесиной, проводится только одноковшовыми экскаваторами.

На очистке мелиоративных каналов находят применение одноковшовые экскаваторы с механическим

и гидравлическим приводом с ковшем емкостью 0,25 - 1,0 м³: Э-304В, Э-652Б, ЭО-3221, ЭО-3322Б, ЭО-2323, ЭО-4321, ШП-71 и др.

Технология производства работ по уширению и углублению русел каналов при их ремонте и очистке одноковшовыми экскаваторами, подбор механизмов и схема их расстановки определялись, с одной стороны, параметрами каналов, с другой – техническими характеристиками экскаваторов: радиусом резания, радиусом выгрузки, глубиной копания, высотой разгрузки.

В процессе ремонта и очистки осушительных каналов основная трудоемкая операция – выемка грунта из русла каналов, транспортирование и укладка его в отвал. Стоимость этой работы составляет 60 - 80% стоимости всего ремонта каналов. В связи с этим очень важное значение при ремонте каналов имеет выбор

1. Одноковшовые экскаваторы с широким ковшем

Показатели	ЭО-2621А		ЭО-3322Б		ЭО-4321А		Э-304В (ЭО-3111В)		Yumbo Франция 3945		Poclain Франция 75 CL		Bamfird JCB2B
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Параметры ковша: емкость, м ³ ширина захвата, м радиус поворота, м	0,2 1,5 0,55	0,4 2,5 0,7	0,2 2,8 0,85	1,0 3,0 0,87	0,35 2,0 -	0,32 - -	0,25 1,4 -	0,54 2,0 -	0,6 1,8 0,95	0,3 2,4 0,67	0,18 1,5 -		
Параметры экскаватора при работе обратной лопатой с широким ковшем: глубина очищаемых каналов при заложении откосов 1:1 глубина копания радиус копания высота выгрузки	2,0 3,0 4,6 2,4	3,5 4,0 7,0 4,9	4,0 4,0 7,0 4,9	4,5 5,3 8,7 5,8	3,0 4,8 8,0 2,9	3,4 4,8 8,0 2,9	3,3 3,3 6,6 6,6	3,3 3,3 6,6 6,6	2,13				
Масса ковша, кг	100	425	800	930	170	650			585	535	100		

оптимальных технологических схем работы экскаваторов, правильный подбор машин и их рабочих органов. Это позволяет не только организовать высокопроизводительное использование механизмов, но и добиться высокого качества ремонтных работ.

С целью повышения производительности и качества очистки каналов одноковшовые экскаваторы оборудуют широкими ковшами. Такие ковши ранее разработаны к экскаваторам ЭО-2621А, ЭО-3322Б и ЭО-4321 и др. Многие зарубежные фирмы оснащают свои экскаваторы такими же ковшами (табл. 1).

Основные особенности широких ковшей следующие: ширина в 2 - 3 раза больше ширины обратной лопаты, плоская режущая кромка, наличие отверстий для стока воды, меньший радиус поворота, что уменьшает подрезание откосов при очистке дна канала.

Применение широких ковшей на экскаваторах, используемых на работах по очистке и ремонту осушительных каналов с удельной выемкой до 0,5 м³/м, повышает производительность на 40 - 70% и снижает себестоимость работ на 8 - 10%.

Применение на работах по восстановлению каналов одноковшовых экскаваторов с профильными ковшами позволяет одновременно с разработкой грунта производить зачистку и планировку дна и откосов канала. При этом отпадает необходимость выполнения дополнительных планировочных работ, снижается трудоемкость и стоимость строительства и восстановления каналов.

Широкое использование нашли разработанные в СевНИИГиМ профильные ковши серии КПУ к экскаваторам Э-304В и Э-652Б. Ковши сварной конструкции состоят из выполненного по радиусу днища и двух боковых стенок, округленных в нижней части.

Применение профильных ковшей с откылками позволяет улучшить качество планировки и повысить производительность за счет сокращения числа зачистных ходов, а также благодаря лучшему заполнению ковша и отсутствию пересыпания грунта.

Профильные ковши с откылками выпускались к экскаваторам ЭО-3322Б, Э-5015, ЭО-4121, ЭО-4321 и др., их широко используют за рубежом (табл. 2).

На работах по очистке каналов, водоприемников, бассейнов, колодцев и др. нашли применение одноковшовые экскаваторы с грейферным оборудованием. Наибольшее распространение получили двухчелюстные грейферы с одним или двумя гидроцилиндрами (табл. 3).

Для ориентации двухчелюстного грейфера вдоль очищаемого канала между грейфером и рукоятью устанавливается специальный механизм – шестеренный или рычажный вращатель, позволяющий поворачивать грейдер в обе стороны на 90 - 180°.

Конструкции грейферов во многом определялись объемами и характером работ: для выполнения однотипных работ в больших объемах выпускались специальные грейферы, наиболее приспособленные для дан-

2. Одноковшовые экскаваторы с профильным ковшом

Показатели	ЭО-3322Б	ЭО-4321А	Э-304В КПУ	Роcclain Франция 90Р	Ernet Menzi Швейцария Muck 5000	Yumbo, Франция мод 3944; 3945; 3960; 3961
1	2	3	4	5	6	7
Параметры ковша:						
вместимость, м ³	0,5	0,63	0,45	0,5	0,45	0,46; 0,5; 0,75
ширина по дну, м	0,6	0,655	-	0,5	0,5	0,4; 0,5; 1,0
ширина по верху, м	3,1	3,875	-	3,0	4,0	-
высота, м	1,35	1,685			1,8	
Заложение откосов	1:1	1:1	1:1; 1:1,5	1:1	1:1	1:1
Масса ковша, кг	500	570	450	535	-	-
Наибольшая глубина очищаемых и отрываемых каналов, м	3,2	4,2	4,0	6,55	6,55	0,9 до 2,0
Параметры экскаватора при работе обратной лопатой с профильным ковшом:						
глубина копания, м	7,4	5,5	5,0			
радиус копания, м	4,2	9,0	8,2			
высота выгрузки, м	4,7	5,6	2,7.			

3. Одноковшовые экскаваторы с грейфером

Показатели	ЭО-3322Б	Э-5015А	ЭО-4121А	ЭО-4321	МП-71	ЭО-5122А	Суклор Польша	Грейфер ГПГ 175 (ГДР)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметры ковша:								
вместимость, м ³	0,32	0,5	0,5; 0,8;	0,65	2,8	3,0	0,25	0,3
раскрытие, м	1,7	1,75	1,8	1,72	-	2,06	1,20	0,8
угол поворота вокруг вертикальной оси, град.	160	360	180	360	-	90	270	
усилие на зубьях, кН	47	57	106	79		108		
Параметры экскаватора при работе грейфером:								
радиус копания на уровне стоянки, м	6,7	7,6	8,3	7,26	9,5	9,5	6,6	3,5
глубина копания, м	5,4	5,8	10,4	6,8	-	8,65	2,8	2,0

ного вида работ; для рассредоточенных работ с малыми объемами – унифицированные конструкции с широким набором сменных захватных приспособлений.

Обычные двухчелюстные грейферы при очистке каналов недостаточно эффективны, что обусловлено малой величиной захвата челюстей, не позволяющей получить высокую производительность. Кроме того, набор грунта челюстями производится по радиусу движения челюстей грейфера, что приводит к низкому качеству очистки, т. к. на дне канала остаются гребни.

С целью повышения производительности и улучшения качества очистки были предложены разнообразные технические решения, в основном направленные на увеличение захвата челюстей и получения прямолинейной траектории их движения.

Так, сотрудниками Института мелиорации и луговодства НАН Беларуси ранее предложен грейфер (ас. № 1010210) для очистки каналов, у которого в нижнем конце штанги закреплена рама в виде двух прямолинейных направляющих. По направляющим на роликах двигаются челюсти, а сами направляющие имеют возможность поворачиваться в вертикальной плоскости. Поворот направляющих и движение челюстей могут осуществляться независимо друг от друга.

Набор грунта производят при встречном движении челюстей по горизонтально установленным направляющим, разгрузка грунта происходит при повороте направляющих.

Производительность одноковшовых экскаваторов на очистке каналов существенно повышается при использовании рабочих органов активного действия.

Такие рабочие органы, представляющие сочетание фрез, разрабатывающих грунт, с метателями выпускают фирмы Yumbo S. A. (Франция), Barth Holland (Голландия), Pietro Dondi & Figli (Италия), Meliomaschinenbau (ФРГ).

Привод рабочего органа осуществляется от гидросистемы экскаватора или от отдельного двигателя, устанавливаемого непосредственно на раме рабочего органа. В последнем случае оборудование может навешиваться на любом гусеничном или колесном экскаваторе.

Использование оборудования ограничивается его высокой стоимостью и необходимостью получения рабочих скоростей движения экскаватора в пределах 100 - 600 м/ч.

Широкая номенклатура работ по эксплуатации мелиоративных систем, их малые объемы и рассредоточенность предъявляют серьезные требования к скорости замены рабочих органов.

Над проблемой быстросменности работали фирмы Gaterpillar Tractor Co (США), Esco Corp (США), в СССР работали ВНИИстройдормаш, ВНИИземмаш и экскаваторные заводы.

Устройства для быстрой смены рабочих органов можно разделить на шарнирные, точечные и клиновые.

Существенным недостатком шарнирных и точечных быстросменных устройств являются сложность изготовления, наличие зазоров в соединении захвата с рабочим органом и большие нагрузки в элементах соединения, что вызывает быстрый износ захватных устройств.

Свободны от указанных недостатков захватные устройства, соединяющиеся с рабочими органами по плоскости, например, устройства типа "ласточкин хвост" (ас. № 996650). НПО ВНИИземмаш и Ленстройробот разработали по этому принципу комплект быстросменных рабочих органов к экскаваторам ЭО-3322А (Б) и ЭО-3324. Комплект включает захватное устройство и семь рабочих органов: ковши с зубьями емкостью 0,4; 0,5 и 0,63 м³, дренажный ковш, профильный и широкий ковши, зуб-рыхлитель.

Анализ отечественных и зарубежных экскаваторов второго поколения на гусеничном и пневмоколесном ходу с ковшами емкостью от 0,25 до 2,5 м³ показывает, что отличительной особенностью этих машин является широкое применение энергосберегающих систем, позволяющих экономить в процессе работы до 20% топлива. Они могут выполнять разработку грунтов I-IV категорий при температуре окружающего воздуха от +40 до -40° С.

Все модели гидравлических экскаваторов оснащаются различными видами сменного рабочего оборудования и рабочих органов, включающих в себя экскавационные, погрузочные, зачистные, планировочные и профильные ковши, грейферы, гидромолоты, рыхлители, захватно-клещевое оборудование, удлиненное оборудование обратной лопаты, драглайн, оборудование для глубокого копания.

Воронежское производственное объединение "Тяжкес" выпускало три новых модели наиболее мощных гидравлических экскаваторов на гусеничном ходу тракторного типа – ЭО-6123, ЭО-5124, ЭО-1425 – с ковшами емкостью 2,5; 1,6 и 1 м³, соответственно. В конструкции этих экскаваторов реализованы последние достижения науки и техники с учетом тенденций развития экскаваторостроения в др. странах. Благодаря новым решениям, направленным на устранение или сокращение внутренних потерь энергии, т. е. на повышение КПД системы привода и экскаваторов в целом, производительность этих машин по сравнению с существующими гидравлическими экскаваторами увеличена на 35%, снижена удельная материалоемкость, повышены надежность и долговечность, а расход дизельного топлива сокращен на 17-20%.

Ташкентское производственное объединение "Ташэкс" и Калининский экскаваторный завод ранее освоили унифицированные гидравлические экскаваторы ЭО-3122, ЭО-3221 и ЭО-3323 с ковшами емкостью 0,63 м³, отличающиеся только типом ходового устройства. Модель ЭО-3122 имеет стандартный гусеничный ход тракторного типа, ЭО-3221 - уширенно-удлиненный гусеничный ход, а ЭО-3323 - пневмоколесный. Эти экскаваторы выполнены на уровне современных требований.

Для разработки прочных и мерзлых грунтов широко применяются гидромолоты, используемые в качестве сменного навесного оборудования гидравлических экскаваторов.

Для бурения скважин под буронабивные сваи при устройстве фундаментов промышленных и гражданских зданий, пойменных и русловых опор мостов на глубину 20-40 м применяется буровая строительная машина БМ-4001, выполненная на базе гидравлического экскаватора, которая обеспечивает рытье скважин диаметром от 1 до 1,7 м под защитой инвентарных обсадных труб с помощью ковшевого или шнекового бура, грейфера и ударного долота с последующим расширением опорной части полости.

Для выполнения разнообразных работ небольших объемов на рассредоточенных объектах, в том числе в

сельском хозяйстве, широко использовали навесной гидравлический экскаватор ЭО-26218-2 с набором сменных рабочих органов, выпускаемый Бердянским экскаваторным заводом.

Для разработки траншей в мерзлых и не мерзлых грунтах под кабельные линии и трубопроводы применяются траншейные цепные экскаваторы ЭТЦ-165А и ЭТЦ-2088 (изготовитель – ПО "Таллэкс", г. Таллинн). Для укладки керамического и пластмассового дренажа применяют экскаваторы ЭТЦ-202Б, ЭТЦ-2010 производства "Таллэкс" и ЭТЦ-2012, изготавливаемого в России.

Анализ современного состояния каналоочистителей в нашей стране и за рубежом позволил выявить основные тенденции в производстве каналоочистителей:

- преимущественное развитие каналоочистителей универсального назначения с комплектом рабочего оборудования и рабочих органов для выполнения различных работ по ремонту и содержанию мелиоративных систем;
- высокая мобильность и транспортабельность машин, широкое использование пневмоколесного хода;
- широкая гидрофикация машин, их ходовых устройств и рабочего оборудования.

С учетом изложенного, предлагаемый перспективный типоразмерный ряд каналоочистителей для ремонта и содержания мелиоративных систем включает машины четырех типоразмеров (табл. 4) для работы на мелиоративных системах с каналами строительной глубиной до одного– четырех метров.

Каналоочиститель первого типоразмера внутриканального типа предназначается для очистки дна и скашивания необлицованных каналов глубиной до 1 м и очистки сухих облицованных каналов глубиной 1-1,2 м.

Рабочий процесс машины обеспечивается использованием нескольких рабочих органов: ротора-метателя, косилки, щетки и др. с приводом от вала отбора мощности машины.

Во втором типоразмере предполагается создание каналоочистителя на пневмоколесном ходу, навесного на серийно выпускаемые колесные тракторы класса 1,4-2,0.

Каналоочиститель предназначен для выполнения работ по ремонту и содержанию мелиоративных каналов в земляном русле, укрепленных и облицованных, проложенных в грунтах, допускающих удельное давление не менее 1 МПа.

С набором быстросменных рабочих органов каналоочиститель может очищать дно и откосы канала, планировать бермы, окашивать дно, откосы и бермы канала, очищать облицованные каналы и лотки и др.

Кроме того, каналоочиститель на пневмоколесном ходу, имеющий рабочее оборудование манипуляторного типа, расположенное на поворотной колонне, может быть применен с соответствующими рабочими органами на разработке ям, траншей и котлованов, планировке откосов, очистке колодцев и др., т.е. выполнять земляные

4. Перспективный типоразмерный ряд каналоочистителей

Показатели	Типоразмеры				
	I	II	III	IV	V
Наибольшая глубина обслуживаемых каналов, м	1	2	3		4
Мощность двигателя, кВт (не менее)	6	40	60		80
Техническая производительность при очистке дна каналов, м/ч	100	150	200-150		150
Конструктивная масса, т (без сменных рабочих органов)	0,5	8	13-12		14
Базовая машина	Мотоблок	Колесный трактор класса 1,4-2,0	Экскаватор. Универсальный манипулятор.	Унифицированное гусеничное шасси	Специальное шасси

работы малых объемов широкой номенклатуры.

Рабочие скорости каналоочистителей – 50...400 м/ч., транспортные - до 25 км/ч.

В настоящее время над созданием пневмоколесного каналоочистителя второго типоразмера работает концерн "Белмелиоводхоз", используя в качестве базы тракторы класса 1,4- 2,0, опыт РУП "Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси" и фирмы "BERKI" (Германия).

Типоразмерным рядом предусматривается создание двух высокоунифицированных полноповоротных каналоочистителей третьего типоразмера на пневмоколесном и гусеничном ходу.

Каналоочистители имеют рабочие скорости 50-400 м/ч и транспортные скорости -5 км/ч для гусеничного и 20 км/ч для пневмоколесного каналоочистителя.

Каналоочиститель на пневмоколесном ходу предлагается выполнить на базе одноковшового гидравлического экскаватора третьей размерной группы на пневмоколесном ходу, а в дальнейшем на базе универсального манипулятора; каналоочиститель на гусеничном ходу будет базироваться на унифицированное гусеничное шасси.

При создании каналоочистителей третьего типоразмера следует использовать унифицированные основные сборочные единицы: поворотную платформу, рабочее оборудование, быстросменные рабочие органы.

Комплект быстросменных рабочих органов обеспечит выполнение земляных работ малых объемов, ремонтных и каналоочистительных работ на необлицованных и облицованных каналах глубиной до 3 м.

Работы по автоматизации и роботизации этих каналоочистителей (управление рабочим органом, поддержание уклона, избирательность) позволят в перспективе создать промышленный робот-манипулятор для выполнения ремонтно -эксплуатационных работ на мелиоративных системах.

Каналоочистители четвертого типоразмера – внутриканальный на базе специального мелиоративного шасси – позволит механизировать ряд работ по ремонту и содержанию облицованных каналов глубиной до 4-х м: очистка от наносов дна и нижней части откосов каналов, удаление сорняков из швов, разделка швов и др.

С учетом отечественного и зарубежного опыта следует обратить особое внимание на создание и широкое внедрение в практику сменного мелиоративного оборудования для ремонта и содержания мелиоративных систем к одноковшовым гидравлическим экскаваторам второй - четвертой размерных групп.

Комплект сменного оборудования для ремонта и содержания мелиоративных систем к экскаваторам должен включать поворотный и уширенный ковши, грейфер, косилку, захват и др.

Экскаваторы третьей размерной группы на пневмоколесном ходу могут быть оборудованы быстросменными поворотным, профильным, дренажным, планировочным и грейферным ковшами, грейферным ковшом для колодцев, рыхлителем - корчевателем.

В номенклатуру сменного оборудования экскаватора третьей размерной группы на уширенном гусеничном ходу целесообразно включить профильный и широкозахватный ковши, ковш-грейфер, оборудование для ремонта и планировки каналов.

К экскаваторам четвертой размерной группы должны поставляться профильный и планировочные ковши, рыхлитель - корчеватель, удлиненное шарнирно сочлененное оборудование, канатно-ковшовое оборудование (драглайн) и др.

Совершенствование конструкций машин и оборудования для ремонта и эксплуатации дренажных систем предусматривается в направлении создания универсальных машин, позволяющих очищать керамический и пластмассовый дренаж в широком диапазоне диаметров, а также проводить работы по очистке смот-

ровых колодцев и разрушать корневую систему растений, проникающих в устье коллекторных систем.

Создаваемая новая дренопромывочная машина (взамен Д-910А) предназначена для промывки дрен в большом диапазоне диаметров (50-250 мм), оснащена промывочным насосом высокого напора, имеет оборудование для очистки смотровых колодцев, определения трасс коллекторов и мест их повреждения.

Успешное использование дренопромывочных машин возможно лишь при обеспечении поиска мест закупорки дренажа, использования оборудования для вскрытия шурфов и откачки воды, применения специального инструмента для восстановления дренажных линий и др.

В программу предлагается включить поисковые работы по созданию средств ремонта и очистки дренажных линий как гидродинамическим, так и механическими способами, что позволит качественно очищать и удалять корневую систему растений, проник-

шую в коллекторную сеть, что существенно снизит стоимость ремонтных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник механизатора-мелиоратора / Скотников В.А., Машенский А.А., Кондратьев В.Н. и др. Под ред. В.А.Скотникова. - Мн.: Ураджай, 1982. - 535 с.
2. Лихацевич А.П., Кондратьев В.Н., Титов В.Н. и др. Рекомендации по уходу за каналами с применением многоцелевых каналоочистителей со сменными рабочими органами на базе колесных тракторов класса 1,4...2. - Мн.: Компьютерная верстка, 2004. - 36 с.
3. Кондратьев В.Н., Лихацевич А.П., Райкевич А.Г. Рекомендации по технологии мелкого ремонта откосов каналов без выброса почвогрунта на бермы. - Мн.: Компьютерная верстка, 2004. - 24 с.

УДК 532.522.2

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА КОНУСНОСТИ КОНФУЗОРА

И. В. Качанов, докт. техн. наук, доцент (БНТУ); В. В. Веремеиук, канд. техн. наук, доцент (БНТУ); А. С. Мойса, ст. преподаватель (УО БГАТУ); А. В. Филипчик, аспирант (БНТУ)

Область применения струйно - абразивной обработки (САО), которая среди других способов по универсальности занимает одно из ведущих мест, весьма разнообразна [1],[2]. Так, например, струйная обработка поверхностей, предназначенных под последующее покрытие (гальванические, лакокрасочные и другие виды) находит широкое применение в сельскохозяйственном машиностроении [1]. В частности, поршневые кольца перед хромированием обрабатываются САО, что способствует повышению качества соединения покрытия с основным металлом. По существующим рекомендациям поршневые кольца должны дважды подвергаться САО: до и после хромирования, что повышает долговечность колец в условиях эксплуатации [2],[3].

Удаление нагара при помощи САО при ремонте сельскохозяйственной техники является широко распространенным процессом. От нагара очищают поршни, клапаны, гильзы и другие детали машин. Примечательно то, что при удалении нагара струйно - абразивным способом размеры изделия практически не изменяются [1],[2].

Одним из основных элементов САО являются струеформирующие устройства, выполненные в виде конфузоров. Процесс формирования струи в конфузорах определяется соотношением площадей входного и выходного отверстий и конфигурацией каналов. Так как струеформиру-

ющие устройства должны обеспечивать формирование высокоскоростной компактной струи жидкости, то основное внимание должно быть уделено профилю конфузоров. В настоящее время по вопросам определения оптимального угла конусности выполнены широкие исследования, результаты которых позволяют сделать некоторые выводы.

«Коэффициент скорости φ с увеличением угла конусности α от 0 до $13,5^\circ$ возрастает от 0,82 до 0,96 и при дальнейшем увеличении угла конусности коэффициент φ медленно убывает [3]; в питающем канале с углом конусности 15° эпюра продольных скоростей остаётся практически равномерной по всей длине канала (коэффициент Кориолиса $\alpha_K = 1$ во всех сечениях), что сводит к минимуму потери на деформацию потока в канале и потери на удар при выходе струи в межсопловую камеру и даёт возможность считать угол конусности 15° оптимальным для питающего канала струйного элемента [4]; оптимальным следует считать угол конусности, равный $13,5^\circ$ [5]; минимальная потеря напора, основываясь на результатах исследований, имеет место при углах конусности $\alpha = 40 \div 60^\circ$ при