

МЕТОДИКА ПОДБОРА ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ КАНАЛОВ ОТ НАНОСОВ

В. Н. Тумов, кандидат технических наук
РУП «Институт мелиорации»
г. Минск, Беларусь

Ключевые слова: экскаватор, уширенный поворотный ковш, циркульный ковш, параметры оборудования, канал, ширина по дну, объем наносов.

Введение

Для очистки мелиоративных каналов от наносов в Беларуси используют в основном имеющиеся в мелиоративных организациях одноковшовые экскаваторы ЭО-304Г, ЭО-3211Д, Э-652Б, ЭО-4111В, ЭО-4112, ЭО-3223, EW-1400 и др. с механическим и гидравлическим приводом, а также универсальные каналочистители ОКН-0,5 на базе тракторов МТЗ-1221 (МТЗ-82).

Применение одноковшовых экскаваторов для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ при очистке каналов от наносов определяется их универсальностью, возможностью очищать каналы различных типоразмеров при наличии воды, камней, мягкой и жесткой водной растительности, мелкой древесно-кустарниковой поросли на дне и откосах.

При углублении существующих каналов шириной по дну до 1,5 м нецелесообразно использовать одноковшовые экскаваторы с ковшами общестроительного назначения, так как их применение приводит к габаритным переборам. В этом случае ширина по дну определяется не из расчета гидравлически выгодного сечения, а исходя из технической возможности выполнения поперечного сечения русла соответствующим рабочим органом и его габаритами.

Практически минимальная ширина по дну, которая может быть выполнена экскаваторами, принимается из условий минимального наполнения ковша и равна 1,5 длины ковша драглайн и 1,5 высоты ковша обратная лопата.

С увеличением ширины канала по дну, по сравнению с требуемой, уменьшается заложение откосов и нарушается устойчивость русла. Кроме того, создаются неблагоприятные условия для его эксплуатации: скорость бытового потока значительно уменьшается, что способствует быстрейшему заилению и зарастанию русла.

С целью повышения производительности проводимых работ и качества очистки каналов одноковшовые экскаваторы оснащаются специальными уширенными очистными ковшами.

Особенность работы уширенных поворотных ковшей состоит в том, что процесс

разработки наносов и наполнение ковша производится путем заглубления режущей кромки в грунт и последующего поворота ковша вокруг своей оси с помощью гидроцилиндра. Такие ковши особенно эффективны при очистке и углублении каналов с малой шириной дна. При ширине дна 1,0 м и более после заглубления режущей кромки ковш можно подтягивать к экскаватору на ширину дна, а затем производить его поворот.

Применение очистных ковшей обеспечивает выемку наносов с одновременной планировкой дна и откосов, при этом не требуется дополнительная доработка вручную или другими механическими средствами. Параметры ковшей к одноковшовым экскаваторам представлены в табл. 1.

Таблица 1 — Параметры ковшей одноковшовых экскаваторов

Рабочее оборудование	Тип ковша	Емкость, м ³	Масса, кг	Ширина по режущей кромке, м	Минимальная ширина по дну при поперечной разработке, м	Объем наносов, разрабатываемый за один цикл, м ³ /п.м
Экскаваторы ЭО-3223, EW-1400						
обратная лопата	с зубьями	0,4	355	0,75	1,2	0,60
		0,5	375	0,9	1,2	0,60
		0,63	415	0,9	1,5	0,80
		0,8	480	1,2	1,5	0,72
	очистной	0,4	340	2,5	0,6	0,16
		0,5	325	1,6	0,8	0,33
		0,63	360	1,6	0,8	0,42
решетчатый	0,4	320	2,5	0,6	0,16	
Экскаваторы ЭО-304Г, ЭО-3211Д						
драглайн	с зубьями	0,4	493	1,42	2,0	0,30
обратная лопата	с зубьями	0,4	495	0,9	1,2	0,50
	циркульный	0,4	400	2,0	0,6	0,20
Экскаваторы Э-652Б, ЭО-411В, ЭО-4112						
драглайн	с режущей кромкой	0,8	602	1,5	2,3	0,57
обратная лопата	с зубьями	0,65	717	1,16	1,5	0,60
Каналоочиститель ОКН-0,5						
обратная лопата	очистной	0,2	125	1,69	0,8	0,12

При определении периодичности очистки каналов от заиливания в первую очередь следует руководствоваться:

— отметками порога существующих переездных и регулирующих водоподпорных сооружений;

— фактическими отметками дренажных устьев и открытой регулирующей сети, при этом запас от дна канала до низа устья закрытого коллектора должен отвечать требованиям ТКП 45-3.04-8, но быть не менее 0,3 м для каналов с отсутствием меженного стока (ТКП 45-3.04-176);

— величиной заиливания.

При устойчивых хорошо одернованных откосах следует предусматривать их максимальное сохранение. Для выравнивания откосов одновременно с подчисткой русла

очистными ковшами возможно выполнять локальную срезку неровностей высотой более 10 см и частичную подсыпку понижений грунтом с последующим укреплением нарушенных участков посевом трав.

Удельные объемы земляных работ при очистке каналов зависят от мощности насосов и типоразмеров каналов и могут достигать значительных величин (рис. 1).

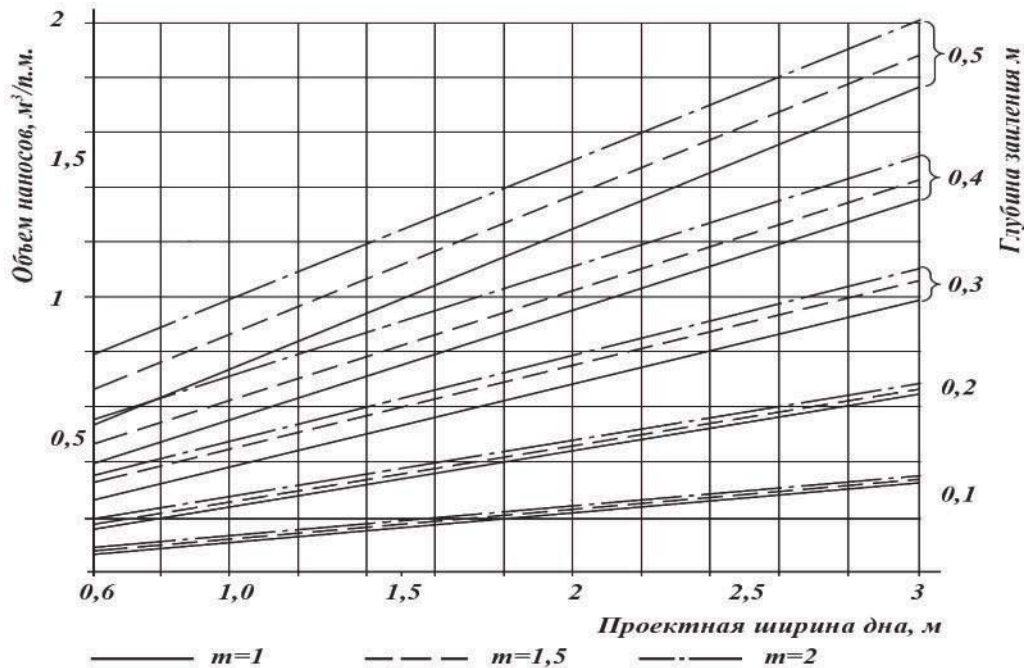


Рисунок 1 — Удельные объемы наносов в зависимости от параметров канала и глубины заиления

Организация и технология производства работ

До начала производства работ следует убедиться, что выполнены следующие мероприятия:

- составлена оптимальная схема передвижения экскаватора по объекту с учетом наличия дорог, переездов через каналы, размещение посевов сельскохозяйственных культур и других условий;

- бермы, откосы и русла каналов расчищены от посторонних предметов и препятствий (пни, валуны и др.), древесной и кустарниковой растительности, старые кавальеры разравнены, отдельные неровности (более 20 см) на берме выровнены на ширину не менее 4 м от бровки;

- скрытые или плохо видимые знаки береговой обстановки (километровые столбики, реперы и т.п.), сооружения (устья дрен, лотки, водосборные воронки и пр.), другие неустраняемые препятствия обозначены вешками, а особо опасные места — предупредительными знаками;

— бермы и откосы каналов окошены;
— при наличии в русле гидрофитной растительности произведена ее обработка гербицидами.

Технология производства работ по очистке и ремонту осушительных каналов и применяемые при этом экскаваторы и оборудование к ним зависят от видов ремонтных работ и типоразмеров канала.

При очистке от наносов и ремонте каналов одноковшовыми экскаваторами применяются две основные технологические схемы.

Технологическая схема № 1 (поперечная разработка)

Сущность этой схемы состоит в том, что экскаватор устанавливается на берме канала и во время рабочего процесса передвигается параллельно его оси. За один проход он разрабатывает полностью поперечное сечение канала и укладывает вынутый грунт в отвал (рис. 2а). Для снижения уровней воды и ликвидации ее подпора удаление наносов ведется при передвижении экскаватора снизу вверх. Для лучшего обзора забоя экскаватор устанавливают с левой стороны канала.

Недостаток схемы — заиливание нижележащих отремонтированных участков канала строительными наносами. Для устранения этого недостатка выемку наносов выполняют с незначительным перебором грунта по глубине, не влияющим на устойчивость откосов. При значительных заиливаниях нижележащих участков возможна повторная подчистка при движении экскаватора сверху вниз по правой стороне канала.

Качество очистки во многом определяется правильностью установки стрелы экскаватора к оси канала. Для обеспечения хорошего качества стрела устанавливается перпендикулярно, а режущая кромка ковша — параллельно оси канала. Если берма имеет неровности, то ковш установится с перекосом и при очистке на дне и откосах будут образовываться ступеньки.

При использовании технологической схемы № 1 рабочие характеристики экскаватора (табл. 2) и параметры канала (рис. 2а) должны быть в следующем соотношении

$$R_H \geq D + mH + b + mh_3 \quad (1.1)$$

$$R_H = \sqrt{(R_0 - r_n)^2 - H_1(2h_n + H_1)} + r_n, \quad (1.2)$$

где R_0 — наибольший радиус копания на уровне стоянки экскаватора, м;

R_H — наибольший радиус копания по глубине канала, м;

r_n — расстояние от оси пяты стрелы до оси вращения платформы экскаватора, м;

h_n — высота до оси пяты стрелы, м;

$H_1 = (H - h_3)$ — глубина канала при заиливании h_3 , м;

H — проектная глубина канала, м;

b — проектная ширина канала по дну, м;

$D = B/2 + C$ — расстояние от оси экскаватора до бровки канала, м
 B — база экскаватора, м
 C — минимально допустимое безопасное расстояние от края гусеницы до бровки канала (не менее 0,5 м).

Технологическая схема № 2 (двухсторонняя поперечная разработка)

При углублении каналов данную схему применяют, если не выполняется условие (1.1), т.е. $R_H < D + mH + v + mh_3$.

По этой схеме проектное сечение канала выполняется экскаватором за два рабочих прохода (рис. 2б). Первым проходом снизу вверх против течения по левой стороне канала разрабатывается часть поперечного сечения шириной $v/2$ до проектной глубины. При втором проходе сверху вниз по правой стороне канала дорабатывается оставшаяся

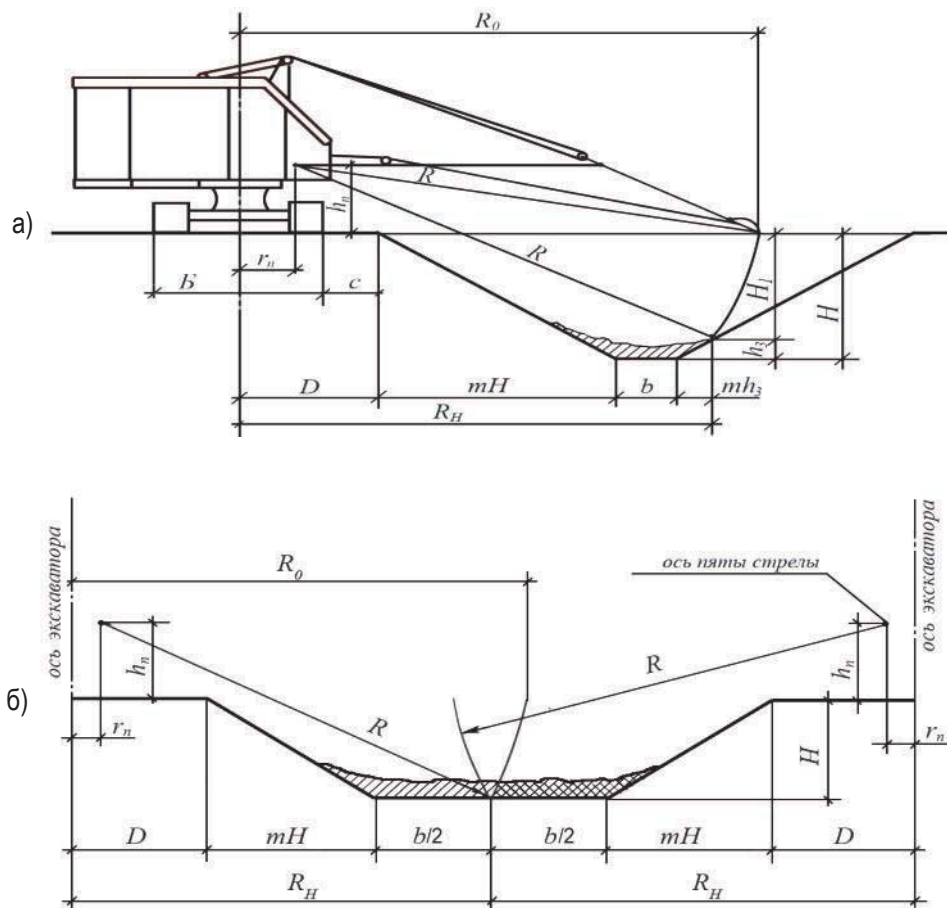


Рисунок 2 — Схемы очистки каналов одноковшовыми экскаваторами с оборудованием обратная лопата: а) поперечная разработка; б) двухсторонняя поперечная разработка

часть сечения. При такой схеме исключается холостой перегон экскаватора и заилиение русла строительными наносами.

Для ускорения ремонта канала можно одновременно применять два экскаватора, которые передвигаются по левой и правой сторонам канала с интервалом между ними не менее 100 м.

Рабочие характеристики экскаватора и параметры канала должны соответствовать следующему условию

$$R_H \geq D + mH + b/2$$

$$R_H = \sqrt{(R_0 - r_n)^2 - H(2h_n + H)} + r_n$$

Таблица 2 — Геометрические параметры одноковшовых экскаваторов

Показатели	Обозначение	Марка экскаватора				
		ЭО-304Г, ЭО-211Д	Э-652Б ЭО-4111В ЭО-4112	ЭО-3223	EW-1400	ОКН-0,5
Наибольший радиус копания на уровне стоянки, м	R_0	8,2/10,2	9,2/13,2	9,45	7,92	6,05
Наибольшая высота выгрузки, м начальная конечная		2,7	3,1	-	-	-
		5,6/6,0	6,2/8,0	6,99	5,72	4,90
Радиус выгрузки при наибольшей ее высоте, м начальная		3,2	5,0	-	-	-
		7,0/8,3	8,1/10,4	-	-	-
Радиус задней части поворотной платформы, м		3,0	3,28	2,70	2,70	-
Расстояние от оси пяты стрелы до оси вращения, м	Rn	0,65	1,0	0,45	0,45	0,90 ^х
Высота до оси пяты стрелы, м	h_n	1,38	1,5	1,7	1,7	1,3
База экскаватора, м	B	3,14	2,88	3,36	2,5	1,7 ^{**}
Ширина гусеничной ленты, м		0,84	0,58	0,9	-	-
Просвет под поворотной платформой, м		114	1,0	1,08	1,08	-

в знаменателе для экскаваторов с оборудованием драглайн

* расстояние от оси пяты до оси трактора

** расстояние от оси трактора до оси опорного колеса

Во всех случаях очистки каналов от заилиения наносы со дна удаляются циклично. Количество циклов экскавации зависит от удельного объема наносов и емкости ковша.

Во избежание недоборов каждую последующую выемку разрабатывают с перекрытием предыдущей на 0,1—0,2 м. После завершения очистки одного участка канала до проектных размеров экскаватор передвигают по берме на длину разработки и с учетом перекрытия начинают последующую разработку с новой стоянки.

При любых технологических схемах отвал (кавальер) должен располагаться как

можно ближе к бровке канала, чтобы угол поворота платформы экскаватора был минимальным. Однако расстояние между ними должно обеспечивать нормальную работу бульдозера при последующем разравнивании отвалов. Это расстояние в большинстве случаев принимается равным не менее 1,5 м.

Подбор экскаваторов для очистки каналов от заиления

Основным параметром, который необходимо учитывать при выборе одноковшовых экскаваторов по технологическим схемам очистки каналов от наносов с поперечной разработкой грунта, является радиус копания. Радиус выгрузки при ремонте каналов, когда экскаватор перемещается по берме, всегда обеспечит укладку грунта в кавальер. Рабочее оборудование экскаватора должно соответствовать параметрам канала по дну.

На рис. 3 графически представлена зависимость радиуса копания одноковшовых экскаваторов с оборудованием обратная лопата от глубины канала. Графиком удобно пользоваться при подборе экскаваторов.

Для определения требуемого экскаватора следует по формуле (1.1) определить необходимый радиус копания в зависимости от параметров канала. Отложив это значение на оси абсцисс, проводим из этой точки перпендикуляр до пересечения с линией глубины канала H . Марки экскаваторов, находящиеся правее найденной точки, могут быть использованы для очистки канала с данными параметрами, однако следует уточнить по табл. 1, позволяет ли рабочее оборудование выполнить канал с требуемой шириной по дну. Окончательно выбирают более экономически выгодный вариант, используя графики прямых затрат (рис. 4).

Если параметры экскаваторов не позволяют выполнить очистку каналов по технологической схеме 1, подбор экскаваторов производят при использовании двухсторонней поперечной разработки по формуле (1.3).

Рассмотрим порядок подбора экскаваторов на примерах.

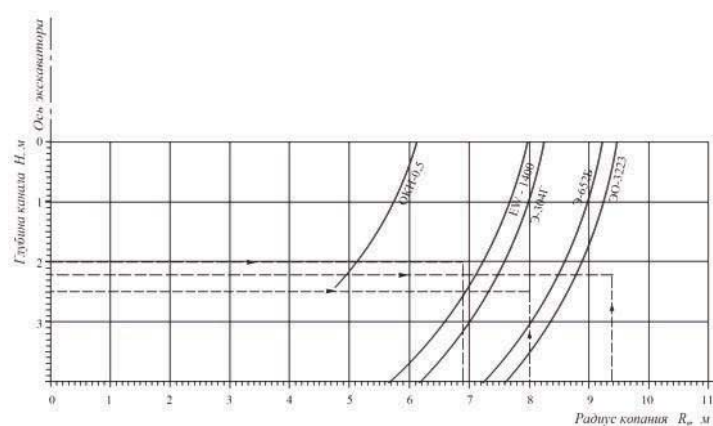


Рисунок 3 — Зависимость радиуса копания одноковшовых экскаваторов с оборудованием обратная лопата от глубины канала

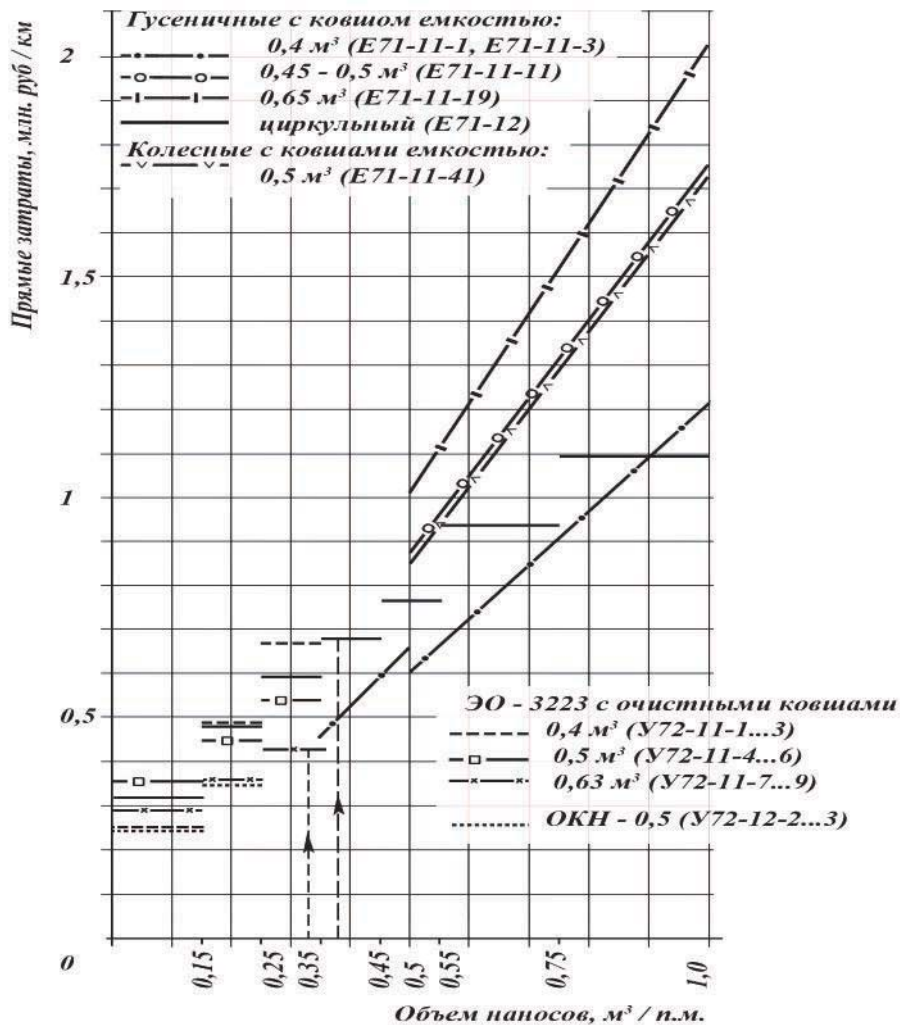


Рисунок 4 — Прямые затраты при очистке каналов одноковшовыми экскаваторами (цены 2006 года, грунты I группы)

Пример 1

Требуется очистить от наносов канал глубиной $H = 2,3$ м, шириной по дну $b = 0,8$ м, с заложением откосов $m = 1,5$ при слое заиления $h_3 = 0,3$ м/п.м. Объем наносов на погонный метр канала составит

$$W_3 = (b + mh_3) \cdot h_3 = (0,8 + 1,5 \cdot 0,3) \cdot 0,3 = 0,38 \text{ м}^3$$

По формуле (1.1) определяем необходимый радиус копания экскаватора

$$R_H = 2,2 + 1,5 \cdot 2,3 + 0,8 + 1,5 \cdot 0,3 = 6,9 \text{ м}$$

На рис. 3 находим точку пересечения $R_H = 6,9$ м с глубиной канала

$$H_I = H - h_3 = 2,3 - 0,3 = 2,0 \text{ м}$$

Углубление канала с такими параметрами в принципе может быть выполнено всеми одноковшовыми экскаваторами с оборудованием обратная лопата по поперечной схеме разработки (технологическая схема 1). Однако в данном случае имеется ограничение ширины канала по дну 0,8 м. Такая ширина может быть обеспечена при применении экскаваторов ЭО-3223, EW-1400 с очистными ковшами и ЭО-304Г, ЭО-3211Д с циркульным ковшом (табл. 1).

Определим наименее затратный механизм для выполнения работ. Для этого на рис. 4 из точки $W_3 = 0,38 \text{ м}^3/\text{п.м.}$ проведем вертикальную линию. В данном случае наиболее экономичным вариантом на первый взгляд является использование одноковшового экскаватора с ковшом емкостью $0,4 \text{ м}^3$ (ЭО-304Г, ЭО-3211Д). Но его применение приведет к уширению канала по дну до 1,2 м, а соответственно, и к увеличению объема очистки до $0,6 \text{ м}^3/\text{п.м.}$ и стоимости работ. Прямые затраты на производство работ экскаватором с циркульным ковшом составят $686 \cdot 218 \text{ руб./км}$ (Е71-12-7), а при использовании стандартного ковша — $121 \cdot 358 \cdot 6 = 728 \cdot 148 \text{ руб./км}$ (Е71-11-3). Кроме того, нарушается устойчивость откоса за счет подрезания нижней части, снижаются бытовые уровни и скорость течения воды, что приводит к усилению зарастания и заиления русла.

Исходя из вышеуказанного, для очистки канала с приведенными выше параметрами следует принять экскаваторы ЭО-304Г, ЭО-3211Д с циркульным ковшом.

Пример 2

Канал глубиной $H = 2,5$ м, шириной по дну $b = 1,6$ м с заложением откоса $m = 2$ при слое заиления $h_3 = 0,3$ м. Объем наносов составит $W_3 = (1,6 + 2 \cdot 0,3) \cdot 0,3 = 0,66 \text{ м}^3/\text{п.м.}$

Определим требуемый радиус копания экскаватора при поперечной разработке грунта (технологическая схема 1)

$$R_H = 2,2 + 2 \cdot 2,5 + 1,6 + 2 \cdot 0,3 = 9,4 \text{ м}$$

На рис. 3 находим точку пересечения $R_H = 9,4$ м с глубиной канала после заиления $H_I = 2,5 - 0,3 = 2,2$ м.

Очистка канала с такими параметрами не может быть выполнена по поперечной схеме разработки. Определим возможность применения двухсторонней разработки наносов (технологическая схема 2). При этой схеме требуемый радиус копания экскаватора по формуле (1.3) равен $R_H = 2,2 + 2 \cdot 2,5 + 0,8 = 8$ м.

Точка пересечения $R_H = 8$ м с глубиной канала $H = 2,5$ м показывает, что удале-

ние наносов по технологической схеме 2 следует выполнять экскаватором ЭО-3223 с очистными ковшами (использование экскаватора Э-652Б приведет к уширению канала по дну).

По рис. 4 находим, что наименьшие затраты на очистку канала при объеме выемки $W_3/2 = 0,33 \text{ м}^3/\text{п.м.}$ будут при использовании ЭО-3223 с очистным ковшом емкостью $0,63 \text{ м}^3$.

Прямые затраты на производство работ при удельном объеме очистки $0,25 - 0,35 \text{ м}^3/\text{п.м}$ составят $431\ 624 \cdot 2 = 863\ 248 \text{ руб./км.}$ (У72-11-8). При определении прямых затрат стоимость машино-часа экскаватора ЭО-3223 принята по таблице 71.12 РСН 8.03.371-2007.

Summary

V. Titov

TECHNIQUE OF SELECTION OF ONE-BUCKET EXCAVATORS FOR CLEANING OF CHANNELS OF DEPOSITS

Two main technological schemes to cleaning of channels of deposits are considered: cross development when for one pass the excavator completely develops channel section, and bilateral cross development on which the design section of the channel is carried out for two working passes. The dependences considering performance data of the excavator and parameters of the channel are developed for selection of excavators for each technological scheme. The developed dependences significantly differ from existing since consider design features of each brand of the excavator. For the main brands the one-backed of excavators with the equipment the return shovel, reclamation systems available in the enterprises, dependence of radius of digging on depth of the channel is presented graphically. The technique of selection of excavators which is considered on examples is offered. At possibility of performance of work by several brands of excavators the most economic option with use of schedules of a factor cost gets out.

Поступила 16.01.14