

Ж.Н. Молдамуратов¹, Е.Б. Мадалиева², Ж.Е. Ескермесов³
^{1, 2, 3}PhD, доцент, ^{1,2,3}Таразкий региональный университет
им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Республика Казахстан

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗЕМЛЕСОСНЫХ СНАРЯДОВ ЗА СЧЕТ УЛУЧШЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ВСАСЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по вопросам применения рациональной конструкции всасывающего устройства, которая позволит повысить производительность земснарядов при разработке песчаных и легких супесчаных грунтов.

Ключевые слова: канал, земснаряд, наносы, очистка.

Рабочим органом землесосного снаряда является всасывающее устройство, от рациональной конструкции которого в значительной степени зависит техническая производительность земснаряда.

Для разработки связных грунтов всасывающее устройство оборудуется рыхлителями, конструкции которых весьма разнообразны. При разработке песчаных и легких супесчаных грунтов применения рыхлителя не требуется. В этом случае геометрические размеры сосуна, от которых зависят скорости всасывания и размывающие скорости, а также расположение его по отношению к забою, будут определять насыщенность пульпы грунтом.

При работе с рыхлителем разработка грунта производится в результате механического воздействия его на грунт. В этом случае всасывающее устройство проектируется из условия минимума потерь на всасывание. При работе без рыхлителя разработка грунта производится в результате взаимодействия струй воды с породой, следовательно, вопрос о геометрических размерах всасывающего устройства и форме его приобретает в данном случае особую важность.

Многими исследователями [1-4] отмечено, что применение рациональной конструкции всасывающего устройства позволяет повысить производительность земснарядов при разработке песчаных и легких супесчаных грунтов в 1,2-2 раза.

Практически установлено, что транспортировать пульпу по напорному трубопроводу земснаряда с удельным расходом воды, равным 2-3, вполне возможно. В действительности же при работе землесосных снарядов на очистке каналов от песчаных и легких супесчаных наносов на транспортирование одного куб. метра грунта затрачивается 4-15 куб. м воды. Вследствие низкой насыщенности пульпы резко снижается производительность земснарядов.

Одной из причин такой низкой технической производительности землесосных снарядов является применение сосунов неправильных форм и размеров.

Известные нам экспериментальные исследования по всасыванию грунта землесосными снарядами касаются в основном размеров воронки предельного размыва и размывающих скоростей в ней и не дают ясного ответа на вопрос о том, каким должно быть всасывающее устройство для обеспечения максимальной насыщенности пульпы грунтом [5, 6].

С целью выяснения влияния на производительность землесосного снаряда формы и размеров сосуна, а также расположения его по отношению к забою, авторами были проведены специальные исследования.

Эффективность различных всасывающих устройств оценивалась:

- а) по максимальной насыщенности пульпы грунтом;
- б) по минимальным потерям напора на вход во всасывающую трубу;
- в) по максимальным размерам площади поперечного сечения выработки, от которых зависит количество проходок и сменный коэффициент использования земснаряда.

Исследования проводились на экспериментальной установке в натурном масштабе. Для этой цели был построен специальный стенд. В качестве рабочего оборудования использовался землесосный насос производительностью 400-450 м³/час при 800 об/мин и напоре 17-18 м вод. ст. Насос приводился в движение от электромотора, мощностью 11 квт. посредством ременной передачи. Всасывающий и напорный трубопроводы, диаметром 200 и 150 мм, оборудовались задвижками.

Исследуемый грунт засыпался в специальный приямок, построенный в бассейне размерами в плане 6,3x14,5 м. Из напорного трубопровода пульпа подавалась в колодец, где происходило гашение энергии, а затем она поступала в бетонный лоток длиной 9 м. Расход пульпы определялся трапецеидальным водосливом с лимнископом.

Удельный вес пульпы определялся специальным прибором, работающим по принципу взвешивания столба пульпы на вертикальном участке напорного трубопровода.

Расчетное уравнение для определения удельного веса пульпы имеет вид:

$$\gamma_n = \frac{H + h_m}{H + h_g} \quad (1)$$

- где γ_n — действительный удельный вес пульпы,
 H — расстояние между точками отбора давлений в м,
 h_m — показание прибора в м вод. ст.,
 h_g — потери напора на трение при движении воды в м вод. ст.

Для большей точности отсчетов фиксирование показаний прибора (h_m) в период размыва грунта производилось фотографированием через определенные промежутки времени (5-15 сек.).

Размеры воронки размыва определялись под водой специально сконструированным профилометром. По данным замеров, которые

производились в двух взаимно перпендикулярных направлениях, строились профили воронки размыва и определялись средние размеры ее.

Для получения общей картины распределения скоростей в зоне действия сосуна, использовался метод химических индикаторов. При опускании под головку сосуна металлического листа с нанесенными на него каплями химического реагента, последний размывался текущей водой, и на листе железа получались следы, характеризующие направление движения воды.

Были испытаны сосуны с круглым входным отверстием, диаметром 200, 250, 300, 400 и 500 мм, и с эллиптическим входным отверстием, периметром 1.256 мм, с соотношением осей 1:3,8; 1:5; 1:10 и периметром 0.628 м, с соотношением осей 1:2.

Опыты проводились на песках различного гранулометрического состава, приближающихся к наносным грунтам в каналах. Пески были со средней крупностью частиц от 0,12 мм до 0,48 мм и содержанием глинистых и пылеватых частиц соответственно до 2% и 9%.

Скорости всасывания изменялись в пределах от 0,2 до 3,0 м/сек.

Опыты по определению зависимости насыщенности пульпы от формы и размеров сосуна проводились в следующем порядке: при поднятой от грунта головке сосуна устанавливалась определенная производительность землесосного насоса, а затем сосун приближался к поверхности грунта и освобождался. По мере разработки грунта сосун самозаглублялся до тех пор, пока не принимал вертикального положения, дальнейшее заглубление прекращалось специальными ограничителями. В течение всего периода размыва воронки фиксировались показания прибора, измеряющего удельный вес пульпы.

В таблице 1 сведены значения удельного веса пульпы в зависимости от размеров и формы сосуна, производительности насоса и рода грунта, полученные в результате проведенных опытов.

Таблица 1 – Значения удельного веса пульпы в зависимости от размеров и формы сосуна, производительности насоса и рода грунта

№ опытов	Производительность насоса в м ³ /час	Удельный вес пульпы	Тип сосуна (форма, площадь зева в м ² , длина периметра зева в м)	Удельный расход в м ³ /час*м	Скорость всасывания в м/сек	Характеристика грунта (средний диаметр частиц в мм, наибольшая гидравлическая крупность в мм/сек.)
15	178	1,070	Круглый $d = 200\text{мм}$ $F = 0,0314\text{м}^2$	284	1,58	$d_{cp} = 0,279\text{мм}$ $\omega_{max} = 124\text{мм/сек}$
16	192	1,086		306	1,70	
17	190	1,090		303	1,68	
18	256	1,042		410	2,26	
19	262	1,050		416	2,31	
20	344	1,042		550	3,04	

21	344	1,045	$P = 0,628м$	550	3,01	$d_{cp} = 0,191мм$ $\omega_{max} = 120мм/сек$
1	320	1,045		406	1,80	
2	102	1,050		130	0,58	
3	320	1,049	Круглый	406	1,80	
22	186	1,077	$d = 250мм$	236	1,06	$d_{cp} = 0,256мм$
23	186	1,089		236	1,06	
24	190	1,090	$F = 0,049м^2$	242	1,08	$\omega_{max} = 116мм/сек$
25	252	1,070		335	1,48	
26	254	1,065		324	1,44	
27	332	1,045	$P = 0,785м$	422	1,89	
28	330	1,052		420	1,88	
50	132	1,61		168	0,75	
51	118	1,060		150	0,67	
52	128	1,065		163	0,73	
53	130	1,070		165	0,74	
4	136	1,061		108	0,30	
5	256	1,060		205	0,56	
6	358	1,050	Круглый	286	0,57	$d_{cp} = 167мм$ $\omega_{max} = 115мм/сек$
33	128	1,059	$d = 400мм$	102	0,28	
34	186	1,092	$F = 0,125м^2$	148	0,41	
35	186	1,090	$P = 1,256мм$	148	0,41	
36	262	1,070		209	0,58	$d_{cp} = 0,209мм$
37	244	1,058		195	0,54	$\omega_{max} = 118мм/сек$
38	250	1,060		200	0,55	
29	156	1,040		100	0,13	
30	190	1,082		121	0,16	$d_{cp} = 256мм$
31	190	1,070		121	0,16	$\omega_{max} = 116мм/сек$
32	252	1,065	Круглый	160	0,21	
			$d = 500мм$			
41	214	1,070	$F = 0,196м^2$	133	0,18	$d_{cp} = 0,209мм$
42	266	1,080	$P = 1,57м$	170	0,22	$\omega_{max} = 118мм/сек$
44	190	1,070		151	0,70	
45	262	1,062	Эллиптический	208	0,96	
46	334	1,040	с соотношением осей	265	1,23	
47	146	1,040	1:5	114	0,53	$d_{cp} = 0,272мм$
48	186	1,050	$F = 0,06м^2$	148	0,69	$\omega_{max} = 111мм/сек$
49	330	1,040	$P = 1,256м$	263	1,22	
7	186	1,062	Эллиптический	148	1,17	
8	186	1,050	с соотношением осей	148	1,17	$d_{cp} = 0,279мм$
9	192	1,053	1:10	151	1,20	$\omega_{max} = 124мм/сек$
10	252	1,042		200	1,59	
11	250	1,050	$F = 0,035м^2$	192	1,52	
12	252	1,048	$P = 1,256 \cdot м$	200	1,59	
13	340	1,040		270	2,14	
14	333	1,049		265	2,10	

Проведенные исследования [7, 8] показали, что при скорости всасывания, несколько превышающей максимальную гидравлическую

крупность, процесс всасывания протекает нормально (таблица 1, круглые сосуны $d=400$ и 500 мм).

Для большей гарантии предотвращения забивки сосуна грунтом, скорость всасывания следует принимать в два-три раза выше максимальной гидравлической крупности частиц разрабатываемого грунта.

Таким образом, оптимальные размеры и форма входного отверстия сосуна должны обеспечить два условия:

а) удельный расход через единицу длины периметра входного отверстия должен соответствовать оптимальному;

б) скорость всасывания не должна быть меньше минимально допустимой.

Сосуны с круглым входным отверстием обеспечивают поставленные условия только до определенного значения производительности, выше которого при оптимальном значении q скорость всасывания будет меньше допустимой.

Для условий очистки каналов от наносов, когда возможны отдельные включения частиц грунта с гидравлической крупностью $100-200$ мм/сек. минимально допустимая скорость всасывания составит примерно $0,5$ м/сек. Оптимальное значение удельного расхода должно быть также увеличено, так как наносный грунт в каналах имеет несколько больший процент содержания глинистых и пылеватых частиц по сравнению с грунтами, на которых проводились исследования, а для размыва таких грунтов потребуются большие размывающие скорости. Исходя из этого, было установлено, что оптимальное значение q при разработке песчаных и легких супесчаных наносов должно составлять примерно 230 м³/час.

В настоящее время на работах по очистке каналов от наносов применяются земснаряды с весьма различной конструкцией всасывающих устройств. В большинстве случаев применяемые головки сосунов не обеспечивают оптимальных значений удельного расхода и имеют большие скорости всасывания (иногда до 4 м/сек). В результате малых размеров периметра зева уменьшается количество поступающего в сосун грунта и снижается насыщенность пульпы, а большие скорости всасывания создают большие потери напора на вход пульпы, что уменьшает запас энергии, который может быть израсходован на полезную работу [9].

В таблице 2 приведены сравнительные опытные данные об увеличении насыщенности пульпы грунтом в процентах при увеличении диаметра головки сосуна. За 100% принята насыщенность при разработке грунта круглым сосуном $d=200$ мм.

Таблица 2. Сравнительные опытные данные

Производительность насоса в м ³ /час	Сравнительная насыщенность пульпы в % при диаметре входного отверстия сосуна:			
	200 мм	250 мм	400 мм	500 мм
250	100	116	134	150
300	100	119	136	155

350	109	116	131	150
-----	-----	-----	-----	-----

Как следует из таблицы 2, за счет увеличения диаметра головки сосуна до оптимальных размеров насыщенность пульпы можно увеличить примерно на 50%.

Таким образом, применение сосунов рекомендуемой формы и размеров позволит увеличить площадь поперечного сечения выработки на 10-20% и снизить потери напора на вход в сосун в 2-3 раза.

Кроме рациональной конструкции всасывающего устройства, на эффективность работы землесосных снарядов большое влияние оказывает способ производства очистных работ, режим работы земснаряда, общая организация работ по очистке каналов от наносов, а также способы учета объема выполненных работ [10-12].

Выводы:

1. Основным фактором, который влияет на насыщенность пульпы грунтом, является удельный расход (q), значение которого при разработке песчаного и легкого супесчаного грунта составляет примерно 230 м³/час. Скорость всасывания играет роль транспортирующего фактора, поднимая поступающие частицы грунта во всасывающую трубу. Скорость всасывания должна быть в 2-3 раза больше максимальной гидравлической крупности частиц разрабатываемого грунта.

2. Размеры входного отверстия сосуна должны обеспечивать оптимальное значение удельного расхода при минимально допустимой скорости всасывания. Форма входного отверстия зависит от граничного значения производительности, которое изменяется в зависимости от рода грунта. Если фактическая расчетная производительность насоса выше граничного ее значения, сосун с круглым входным отверстием не может обеспечить оба поставленных выше условия. В этом случае следует применять сосун с эллиптическим входным отверстием, который позволяет увеличивать длину периметра входного отверстия без увеличения его площади.

3. Форма и размеры всасывающих устройств землесосных снарядов, работающих на очистке каналов от наносов, не обеспечивают высокой производительности.

Применение рекомендуемых сосунов на очистке каналов от песчаных и легких супесчаных наносов позволит повысить насыщенность пульпы грунтом в 1,3-1,5 раза, в зависимости от рода грунта, снизить потери напора на вход в сосун примерно в 2-3 раза и увеличить поперечные размеры выработки на 10-20%.

Литература:

1. Иванов В.В. Анализ технологических мероприятий, обеспечивающих рациональную разработку обводненных месторождений песков и песчано-гравийной смеси// «Концепт». – 2013. – № 34. – С. 2156-2160.
2. Иванов В.В. Параметры ведения добычных работ земснарядами при разработке обводненных месторождений песка// «European research». – 2015. – № 7. – С. 10-11.

3. Сенников М.Н., Молдамуратов Ж.Н. Подбор земснарядов для производства земляных работ в гидротехническом строительстве// «Вестник КазГАСА». – Алматы, 2015. – №4. – С. 143-149.
4. Асылбеков А.Ш., Бапанова Ж., Молдамуратов Ж.Н. Повышение эффективности строительства и поддержания каналов гидромелиоративных систем в рабочем состоянии земснарядами// «Вестник КазГАСА». – Алматы, 2018. – №1. – С. 147-153.
5. Чайка Е.А. Экспериментальное определение оптимальных геометрических размеров и параметров эжектирования кольцевого гидроземлесоса / Е.А. Чайка, Н.В. Реунов, Д.С. Ефимов, Д.Н. Кольжанов// Технологии и средства механизации в АПК: сб. науч. тр. сотрудников факультета механизации НГМА / ФГОУ ВПО «Новочеркасская гос. мелиорат. академ.». – Новочеркасск, 2009. – С. 175-183.
6. Ефимов Д.С. Применение гравитационного впуска воды для предупреждения срывов вакуума землесосов / Д.С. Ефимов, С.А. Тарасьянц// Ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии в сельскохозяйственном производстве: матер. междунар. науч.-практ. конф. 21-22 октября 2010г. /ФГОУ ВПО «Новочеркасская гос. мелиорат. академ.» – Новочеркасск: «Лик», 2010. – С. 111-115.
7. Экономическое обоснование использования землесосных установок с комбинированными способами забора и транспортировкой пульпы / Д.С. Ефимов, С.А. Тарасьянц// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №03(87). – Режим доступа: <http://ei.kubaagro.ru/2013/03/pdf/62.pdf>.
8. Сметанин В.И., Согин А.В., Согин И.А. Очистка водоемов и русел рек с помощью отечественных технических средств // Экономические стратегии (академический бизнес-журнал). – 2010. – № 7/8. – С. 88-91.
9. Способ эксплуатации землесосного снаряда. Пат.2626076 РФ: МПК7 E02F 3/88, / Согин А.В., Сметание В.И. Заявитель и патентообладатель ООО «Сапронель». – №2016115465, заявл. 20.04.2016, опубл. 21.07.2017, бюл. № 21.
10. Иванов В.В. Параметры ведения добычных работ земснарядами при разработке обводненных месторождений песка// «European research». – 2015. – № 7. – С. 10-11.
11. Грунтозаборное устройство земснаряда: пат. 98434 Рос. Федерация. №2010123130/03; заявл. 07.06.2010; опубл. 20.10.2010. – 8 с.

Мақалада құмды және жеңіл құмды топырақты тарту кезінде құмсорғыш снарядтарының өнімділігін арттыруға мүмкіндік беретін сору құрылғысының ұтымды конструкциясын қолдану мәселелері бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: арна, құмсорғыш снаряд, үйінділер, тазарту.

The article presents the results of research on the use of a rational design of the suction device, which will increase the productivity of dredgers in the development of sandy and light sandy loam soils.

Key words: channel, the dredge, the sediment cleanup.