

УДК 621.879.45

Семенов Д.А. – студент

E-mail: s7dmit@yandex.ru

Вахрушев С.И. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: spstf@pstu.ac.ru

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Адрес организации: 614990, Россия, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект, д. 29

Методика выбора земснаряда для выемки песчано-гравийной смеси со дна реки Кама

Аннотация

Приведена методика выбора земснаряда для выемки грунта (песчано-гравийной смеси, песка) со дна реки Кама по производительности. Представлена расчетная схема землесосного снаряда со всеми основными элементами. Описаны состав, принцип действия и область применения землесосных снарядов. Выявлен общий критерий при расчете землесосов – количество добытого материала за единицу времени.

На основе сравнения производительности и максимальной глубины выемки грунта отечественных землесосов Нижегородец-1, Нижегородец-2, ЗРС-М и зарубежного Beuer B550 даны рекомендации. На основании проведенного патентного исследования систематизированы основные пути увеличения производительности, описаны конкретные мероприятия по их осуществлению, а также выявлены преимущества и недостатки каждого способа.

Ключевые слова: земснаряд, производительность, пульпа, пульпопровод, напор, насос, рыхлитель, гидросмесь, намыв, грунт.

Несмотря на значительный опыт человечества в области выбора строительных машин, статистика аварий в добывающей промышленности наглядно демонстрирует необходимость в поэтапной комплексной системе выбора подходящего землесосного снаряда.

Подбор дноуглубительного снаряда наилучшего для определенной работы осуществляется по комбинации экономности, мощности и продуктивности.

Землесос применяется для добывания песка, глины, песчано-гравийной смеси и другого сырья. В Перми осуществляется добыча песчано-гравийной смеси на реках Чусовая и Косьва и речного песка на реке Кама. И от правильного выбора земснаряда зависит не только скорость выполнения работ, но и их стоимость.

Для проведения таких работ, как намыв грунтовых сооружений, очистка водоемов, сначала необходимо выбрать оптимальный по производительности земснаряд. Согласно государственному стандарту 17520-72 земснаряд – это механизм, предназначенный для добычи строительного сырья из русла водотока, функционирующий на основе поглощения пульпы и оснащенный различной аппаратурой, требующейся для выемки добываемого материала.

В основе действия землесосных снарядов лежит вытягивание гидросмеси со дна водоема. Устройство дноуглубительного снаряда продемонстрировано на рис. Основной рабочий орган землесоса – центростремительный насос, образующий вакуум и поднимающий пульпу через грунтосборный орган 1. Разработка нижних, более уплотненных слоев требует применения грунтосборных устройств с различными типами рыхлителей. В практике механизации земляных работ широкое применение получили ковшовые чизели, состоящие из двух валов с перемещающейся между ними бриделью. При том части узлового соединения ковшовой бридели драг (пальцев и втулок) при использовании значительно истираются, а благодаря необоснованному применению экологически опасной стали еще и наносится значительный материальный ущерб природе и обществу. Поэтому, необходимо использование других материалов для изготовления деталей черпаковой цепи либо применение грунтосборных приборов с другими видами рыхлителей [1-4]. Грунтосборный аппарат способен менять позицию (снижаться или повышаться) благодаря специальному подъемнику. По грунтосборному прибору

гидросмесь попадает в центробежную помпу 3, подающую пульпу в нагнетательный рефулер 4. Высота резорбции драг меняется в диапазоне от 2-3 до 40-50 м. Капилляры прикрываются металлической сеткой для защиты от камней и других объектов [5].

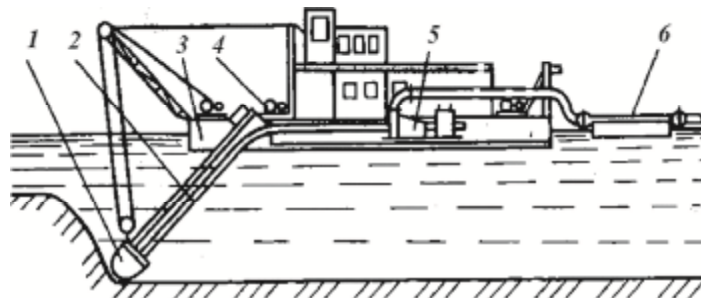


Рис. 1. Принципиальная схема землесосного снаряда:

1 – грунтозаборное устройство; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – корпус;
4 – устройство для рабочих перемещений; 5 – грунтовый насос; 6 – напорный трубопровод

На деятельность драги и сопутствующих строительных машин оказывает влияние множество обстоятельств: агрессивность окружающей среды, профессионализм работников, технология производства работ и др. Основную роль играют эксплуатационные расходы и количество выработанной продукции за единицу времени [6].

Основными параметрами ведения добычных работ земснарядом являются ширина заходки земснаряда, длина фронта работ, а также цикл работы и производительность земснаряда.

Ширина заходки земснаряда (м):

$$B = 2R_0 \sin(\alpha/2), \quad (1)$$

где R_0 – расстояние между фрезой и осью напорной сваи при полностью выбранном ходе тележки (м);

α – угол поворота земснаряда вокруг оси сваи (град.).

Объем горных пород (m^3), который предстоит добыть из забоя, на месте одной стоянки земснаряда:

$$V_{заб} = B(R_0 - R_{min}), \quad (2)$$

где h_y – высота обрабатываемого уступа (м);

R_{min} – минимальное расстояние между фрезой и осью напорной сваи при черпании (м).

Длина фронта работ земснаряда обычно определяется, исходя из инвентарного парка понтонов плавучего пульповода (м):

$$L_{ф} = l_{зем} + nl_{зв} + l_{зв}/\sin(\alpha/2) - \pi l_{зв}/(2d_1), \quad (3)$$

где $l_{зем}$ – длина корпуса земснаряда (м);

$l_{зв}$ – длина звена плавучего пульповода (м);

n – инвентарное количество звеньев плавучего пульповода;

α_1 – угол поворота шарового соединения плавучего пульповода (град.).

Экономически целесообразную длину фронта работ земснаряда необходимо определять из условия минимума суммы затрат, по статьям на которые оказывает влияние протяженность длины добычного фронта горных работ земснаряда:

$$\Sigma Z(L_{ф}) = A_0 + Z_T + Z_{рем} \rightarrow \min, \quad (4)$$

где A_0 – амортизационные отчисления на насосное и трубопроводное оборудование, стоимость которых определяется длиной фронта работ земснаряда (руб.);

Z_T – затраты на топливо, потребляемое насосным и транспортным оборудованием, объем потребления которого зависит от длины фронта работ земснаряда (руб.);

$Z_{рем}$ – избыточные затраты на ремонт насосного и трубопроводного оборудования, объем которых зависит от длины фронта работ земснаряда (руб.).

Цикл работы землесоса складывается из обработки дна выработки и передвижения к новому участку (мин):

$$T_{ц.зем} = T_{о.заб} + T_{пер.зем}, \quad (5)$$

где $T_{о.заб}$ – период времени, требующийся для передвижения земснаряда от забоя к забою (мин);

$T_{пер.зем}$ – период времени, требующийся для передвижения земснаряда от забоя к забою (мин).

Количество циклов работы земснаряда в течение смены:

$$N_{ц.зем} = T_{см} + T_{ц.зем}, \quad (6)$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочего времени смены (мин) [7].

Величина выработанной драгой продукции за единицу времени равна продуктивности центробежной помпы по водному раствору. Количество извлеченного из скважины водного раствора за единицу времени приводится в паспорте на помпу и обозначается – Q_B , м³/ч.

Расчет $Q_{гр}$ – количества добытого земснарядом грунта за единицу времени следует производить в несколько стадий. Сначала определяется объем гидросмеси, перекачиваемой драгой за единицу времени – $Q_{см}$, (м³/ч):

$$Q_{см} = \frac{Q_B r_B}{r_{см}}, \quad (7)$$

где Q_B – количество извлеченного водного раствора за единицу времени, м³/ч;

ρ_B – отношение массы водного раствора к его объему, т/м³;

$\rho_{см}$ – отношение массы гидросмеси к ее объему, т/м³;

- при $\rho_B = 1,0$ т/м³:

$$Q_{см} = \frac{Q_B}{r_{см}}, \quad (8)$$

Определить отношение массы гидросмеси к ее объему возможно из выражения:

$$r_{см} = \frac{q + r_{тв}(1-m)}{q + (1-m)}, \quad (9)$$

где $\rho_{тв}$ – отношение массы извлекаемого материала к его объему, т/м³;

q – предельные затраты водного раствора, м³/ч;

m – доля объема пор материала, доли единицы.

Отношение массы гидросмеси к ее объему при добыче земляного сырья II сорта находится в интервале от 1,07 до 1,13 т/м³. Это соответствует следующему интервалу значений количества извлеченной драгой гидросмеси за единицу времени:

$$Q_{см \max} = \frac{Q_B}{r_{см \min}}, \quad (10)$$

$$Q_{см \min} = \frac{Q_B}{r_{см \max}}. \quad (11)$$

Затем вычисляют количество грунта, извлеченного за час, (м³/ч) по формуле:

$$Q_{гр \max} = \frac{Q_{см}}{q + (1-m)}, \quad (12)$$

где q – предельные затраты водного раствора, м³/ч;

m – доля объема пор материала, доли единицы.

Следующим шагом определяют количество добытого за месяц грунтового материала (м³/ч) из выражения:

$$Q_{гр}^M = Q_{гр} N_{дн} n_{см} t K_{см} K_{мс} K_{кар}, \quad (13)$$

где $Q_{гр}$ – проектное количество извлеченного за час материала, м³/ч;

$N_{дн}$ – число суток работы в месяц, определяется по дням недели с исключением 2-3 дней на предотвращение аварий;

$n_{см}$ – число дежурств в день (норма – 3 дежурства);

t – длительность дежурства, 8 ч;

$K_{см}$ – коэффициент расходования продолжительности смены, определяется методом перемещения материала;

$K_{мс}$ – коэффициент междусменных и других простоев (принимают 0,9);

$K_{кар}$ – коэффициент состояния вырабатываемого карьера.

Коэффициент применения драги в течение смены $K_{см}$ при методах гидронамыва: безмостовым и низконажимным (табл. 1):

$$K_{кар} = K_1 K_2 K_3, \quad (14)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий глубину водоема;

K_2 – коэффициент замусоренности водоема крупными объектами и корнями растений;

K_3 – корректирующий коэффициент по протяженности и высоте перемещения пульпы.

Величину глубины разрабатываемого слоя допускается принимать в зависимости от количества грунта, добытого за единицу времени (см. табл. 2).

Если глубина вырабатываемого слоя превышает 0,8 представленных значений, то $K_1 = 1,0$.

Если глубина слоя находится в пределах от 0,6 до 0,8 приведенных значений, то $K_2 = 0,95$.

Если глубина слоя разрабатываемого грунта опускается ниже 0,6 представленных значений, то $K_1 = 0,85$.

Таблица 1

**Коэффициент применения землесоса в течение дежурства
при безмостовым и низконажимным методах гидронамыва**

Виды работ	$K_{см}$
Сбрасывание пульпы в водоем без обустройства ограждения	0,85
Перемещение грунта в насыпь с сооружением ограждения, с гидронамывом грунта на дно	0,8
Намывка широких объектов	0,75
Нанос узких сооружений	0,6

Таблица 2

Глубина разрабатываемого слоя для определенного количества добытого грунта

Количество добытого землесосом грунтового материала, м ³ /ч	< 80	80-150	150-350	350-550
Глубина разрабатываемого слоя, м	2,4	3,2	4,8	6,4

Стандарты предусматривают использование землесосного снаряда в сравнительно чистых водоемах, где время очистки рефулера, центробежной помпы, черпаков в сумме менее 5 % продолжительности действия землесоса. В таком случае величина коэффициента $K_2 = 1,0$. В иных ситуациях K_2 изменяется в пределах от 0,79 до 0,98.

Наибольшую сложность представляет вычисление корректирующего коэффициента K_3 . Этот показатель представляет собой смещение действительной точки работы пульповой помпы от проектной.

По ЕНиР на гидромеханизированные работы расстояние подачи гидросмеси по горизонтали и вертикали выявляется путем соотношения действительной и проектной удаленности и включением необходимых коэффициентов.

Корректирующий коэффициент K_3 принимает во внимание действительную протяженность прибрежного рефулера и его диаметр, зависящие от типа пульповой помпы, $K_3 = 0,85 \dots 1,1$.

Расчет протяженности пути транспортировки гидросмеси $L_{п}$, м с учетом ее передвижения по вертикали на величину h производят по формуле:

$$L_{п} = L_{\delta} + \Delta l h \pm 2\Delta L_{пл}, \quad (15)$$

где L_{δ} – протяженность прибрежного рефулера, м, считая от пункта укладки грунта до места присоединения рефулера;

Δl – нормированная добавочная протяженность, учитывающая перемещение пульпы по высоте на 1 м;

h – расстояние подачи пульпы по вертикали, м;

$\Delta L_{пл}$ – разность действительной и проектной протяженностей рефулера;

2 – коэффициент, учитывающий соотношение предельных снижений давления в прибрежном и водном рефулерах.

В настоящее время на землесосах применяют пульповые помпы ГрАУ с количеством закаченного водного раствора за единицу времени $Q_{в} = 400, 800, 1600$ м³/ч.

Максимальные значения добычи грунтового материала II сорта за месяц для помп типа ГрАУ представлены с учетом корректирующих коэффициентов в табл. 3 в зависимости от состояния разрабатываемого водоема.

Таблица 3

Предельные объемы месячного намыва

Вид земснаряда	Пульповая помпа			Вычисленная величина добычи за месяц, м ³		Действительное значение добычи за месяц, м ³
	вид помпы	объем добытого водного раствора за единицу времени, м ³ /ч	нажим, м	макс	мин	
Нижегородец-1	ГрАУ 400/20	400	20	24,2	5,6	19,2
Нижегородец-2	ГрАУ 800/40	800	40	48,4	11,2	36,0
ЗРС-М	ГрАУ 1600/25	1600	25	97,0	22,3	58,4

На основании требуемых месячных значений добычи материала $Q_{\text{пот гр}}^{\text{м}}$, (м³/мес), подбирается вид и число землесосов, учитывая проектные технологические операции и продолжительности их выполнения:

$$Q_{\text{пот гр}}^{\text{м}} = \frac{W}{n_{\text{мес}}}, \quad (16)$$

где W – требуемое количество материала, м³;

$n_{\text{мес}}$ – продолжительность выполнения технологических операций, месяц.

При подборе вида землесоса, в конечном объяснении требуется учитывать ряд вспомогательных показателей:

- величину погружения материалосборного устройства у конкретного землесоса;
- длину перемещения по разрабатываемому водоему;
- согласование геометрических параметров водоема и драги;
- возможность применения в месте добычи необходимого числа землесосов.

Необходимое число землесосов вычисляется по следующей формуле:

$$n_z = \frac{Q_{\text{пот гр}}^{\text{м}}}{Q_{\text{з гр}}^{\text{м}}}, \quad (17)$$

где $Q_{\text{пот гр}}^{\text{м}}$ – требуемое месячное значение добычи материала, м³/мес;

$Q_{\text{з гр}}^{\text{м}}$ – количество, извлеченного за месяц материала, м³/мес [8].

Анализируя приведенные выше методики расчета земснаряда, можно заметить, что в основе всех них лежит определение производительности.

Таким образом, при одинаковой максимальной глубине извлечения грунта и одинаковом напоре, выбор будет осуществляться по количеству выработанного земснарядом материала за единицу времени.

В Перми для разработки песчано-гравийных месторождений и добычи песка применяют разные виды землесосов, среди которых необходимо заметить землесосные снаряды фирмы Сапропель. Сравнение производительности и максимальной глубины выемки грунта отечественных землесосов Нижегородец-1, Нижегородец-2 и ЗРС-М с немецким земснарядом В550 компании Beyer GmbH представлено в табл. 4.

Таблица 4

Сравнительная характеристика земснарядов компании Сапропель и компании Beyer

Показатель	Тип землесосного снаряда			
	В550	Нижегородец-1	Нижегородец-2	ЗРС-М
Производительность по грунту, м ³ /ч	600	40	80	160
Максимальная глубина разработки, м	100	8	11	16

Если невозможен более оптимальный выбор землесосного снаряда, то необходимо искать пути повышения производительности и максимальной глубины выемки грунта.

Будущее увеличение добычи землесосов, требующееся для развития всех отраслей промышленности, невообразимо без применения современных инновационных нетривиальных решений. Отечественные ученые уже начинают воплощать мечты в реальность [9].

На основе проведенного патентного исследования [10-19] можно выделить следующие методы повышения производительности:

– комплексная механизация и автоматизация систем управления земснарядом. Предусматривает установку контроллера порядка, суммирующего устройства, увеличителя сигнала, системы принятия решения, подключенной к измерителям нажима, герметичности, затрат гидросмеси. Производительность повышается за счет адаптации землесосного снаряда к реальным условиям. Основной недостаток – дороговизна;

– установка дополнительных грунтозаборных устройств. Например, установка второго нагнетателя, дополнительного грунтового насоса, устройство на всасывающей трубе шнекового конвейера, монтаж по всей длине грунтозаборного устройства ковшей, использование в качестве гидрорыхлителя нескольких гидроэкранов, оборудованных насадками для перемещения материала, ориентированными в направлении всасывающих зевов. Существенным минусом является то, что для установки такого оборудования потребуется дополнительное место, что приведет к увеличению размеров земснаряда и его стоимости;

– снижение потерь при транспортировке грунта за счет монтажа поплавков, поднимающих гидросмесь от места выемки до восходящего грунтопровода, закрепленного на подъемно-спусковом устройстве, оснащения черпаков каждого четного звена специальными вырезами для пропускания грунта из черпаков нечетных звеньев при их опорожнении. Минусом в данном случае будет смещение центра тяжести земснаряда из-за увеличения объема поднимаемого грунта, которое может привести к опрокидыванию земснаряда;

– монтаж защитных приспособлений (сеток) на грунтоборнике, сливного патрубка в верхней части поднимающей трубы, предохраняющих земснаряд от поломок и обеспечивающих более равномерную консистенцию гидросмеси.

Выводы

Приведена методика расчета и выбора земснаряда по объему работ и производительности по грунту. В результате анализа представленных методик расчета земснаряда было установлено, что решающим критерием при выборе землесосного снаряда является производительность. При сравнении отечественных земснарядов и их зарубежных аналогов был выявлен значительный разрыв в производительности и максимальной глубине выемки грунта. На основании патентного исследования были предложены различные способы повышения производительности, описаны конкретные мероприятия по их осуществлению, отмечены преимущества и недостатки каждого отдельного метода. Для увеличения объемов грунта, вынимаемого земснарядом со дна реки Кама и других водоемов города Перми, рекомендуется установка дополнительных грунтозаборных устройств (второго насоса), а также снижение потерь при транспортировке грунта путем монтажа специальных устройств (поплавков, черпаков с вырезами и др.). Максимальную глубину выемки грунта необходимости увеличивать нет, так как глубина реки Кама не превышает 29 м, а отечественные земснаряды способны работать на глубине до 30 м.

Список библиографических ссылок

1. Согин А.В., Штин С.М. Добыча сапропеля и возможности отечественных земснарядов // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011, Т. 6, № 1. – С. 130-137.
2. Загорский Я.В., Загорский В.К., Кусова И.В. Повышение долговечности интенсивно изнашивающихся деталей дорожно-строительных машин // Нефтегазовое дело, 2016, № 1. – С. 236-254.
3. Булгаков В.П., Уксунов Л.А., Цапко Л.А. Критерии выбора материала для шарнирных соединений черпаков земснарядов // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та, 2011, № 3. – С. 141-143.
4. Петровский В.А., Рубан А.Р. Результаты исследования абразивного износа деталей черпаковой цепи земснаряда // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та, 2014, № 1. – С. 94-99.

5. Иванов В.В. Анализ технологических мероприятий, обеспечивающих рациональную разработку обводненных месторождений песков и песчано-гравийной смеси // Концепт, 2013, № 34. – С. 2156-2160.
6. Луженкова О.С. Расчет эксплуатационных затрат земснаряда и обслуживающего его флота // Актуальные вопросы экономических наук, 2011, № 10. – С. 38-41.
7. Иванов В.В. Параметры ведения добычных работ земснарядами при разработке обводнённых месторождений песка // European research, 2015, № 7. – С. 10-11.
8. Согин А.В., Согин И.А., Кожевников Н.Н. Выбор земснаряда для производства работ по гидронамыву и расчистке водоемов // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2012, Т. 8, № 1. – С. 11-17.
9. Бессонов Е.А. Методы повышения производительности земснарядов для условий Крайнего Севера // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011, Т. 6, № 1. – С. 116-124.
10. Земснаряд: пат. 92877 Рос. Федерация. № 2009145674/22; заявл. 09.12.2009; опубл. 10.04.2010. – 5 с.
11. Земснаряд для добычи сапропеля: пат. 71127 Рос. Федерация. № 2007140493/22; заявл. 31.10.2007; опубл. 27.02.2008. – 7 с.
12. Земснаряд: пат. 107193 Рос. Федерация. № 2011109805/03; заявл. 15.03.2011; опубл. 10.08.2011. – 4 с.
13. Сифонный земснаряд: пат. 112221 Рос. Федерация. № 2011132409/03; заявл. 01.08.2011; опубл. 10.01.2012. – 5 с.
14. Грунтозаборное устройство земснаряда: пат. 98434 Рос. Федерация. № 2010123130/03; заявл. 07.06.2010; опубл. 20.10.2010. – 8 с.
15. Земснаряд: пат. 122401 Рос. Федерация. № 2012131008/03; заявл. 19.07.2012; опубл. 27.11.2012. – 7 с.
16. Черпаковое устройство земснаряда: пат. 2434997 Рос. Федерация. № 2007116353/03; заявл. 03.05.2007; опубл. 27.11.2011. – 4 с.
17. Земснаряд: пат. 72993 Рос. Федерация. № 2007148283/22; заявл. 24.12.2007; опубл. 10.05.2008. – 5 с.
18. Черпаковое устройство земснаряда: пат. 125589 Рос. Федерация. № 2012127521/03; заявл. 02.07.2012; опубл. 10.03.2013. – 18 с.
19. Черпаковое устройство земснаряда: пат. 2426838 Рос. Федерация. № 2010130522/03; заявл. 20.07.2010; опубл. 20.08.2011. – 4 с.

Semenov D.A. – student

E-mail: s7dmit@yandex.ru

Vahrushev S.I. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: spstf@pstu.ac.ru

Perm National Research Polytechnical University

The organization address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky pr., 29

Method of selection of the dredger for dredging sand and gravel from the bottom of the River Kama

Resume

In the context of the raging worldwide economic crisis, taking into account the need to ensure continued economic development, reduce pollution, economical use of all resources and technology, the subject of a rational choice of construction machinery and equipment is becoming more important.

The relevance of the article is to develop procedures for the selection of the dredger for dredging sand and gravel from the bottom of the Kama River, providing a reduction of performance time, reduction of material costs for the preparation and execution of works, minimizing potential accidents dredge, as well as reducing the negative impact on the ecology of the reservoir.

In order to solve this problem, the domestic and foreign dredgers Nizhegorodets-1, Nizhegorodets-2, ZRS-M, Beyer B550, the formulas for calculation of these parameters were

analyzed, presented the design scheme and operation of the dredge was conducted patent research, based on which have been proposed various methods for improving productivity, revealed their advantages and disadvantages.

The article is devoted to a rational choice of a dredger on the basis of a systematic approach, which consists in selecting the dredger performance by calculating the main parameters. When comparing the domestic and foreign dredgers was identified a significant gap in a number of characteristics, such as performance and maximum depth of excavation. Therefore, on the basis of the modern Russian development recommendations for the introduction of innovative technology resources and increase the efficiency of the dredger in order to increase the volume of soil excavated from the bottom of dredger Kama rivers and other water bodies of the city of Perm and the Perm region.

Keywords: dredger, capacity, sludge, slurry pipeline, pressure, pump, cultivator, slurry, alluvium, soil.

Reference list

1. Sogin A.V., Shtin S.M. Extraction of sapropel and the possibility of domestic dredgers // *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten'*, 2011, V. 6, № 1. – P. 130-137.
2. Zagorskii Ia.V., Zagorskii V.K., Kusova I.V. Increase of durability of wearing parts intensively road-building machines // *Neftegazovoe delo*, 2016, № 1. – P. 236-254.
3. Bulgakov V.P., Uksunov L.A., Tsapko L.A. Criteria for selection of the material for the hinged joints buckets dredgers // *Vestnik Astrakhanskogo gos. tekhn. un-ta*, 2011, № 3. – P. 141-143.
4. Petrovskii V.A., Ruban A.R. Study of abrasion parts chain dredger scoop // *Vestnik Astrakhanskogo gos. tekhn. un-ta*, 2014, № 1. – P. 94-99.
5. Ivanov V.V. Analysis of technological measures to ensure the rational development of flooded deposits of sand and gravel sand // *Kontsept*, 2013, № 34. – P. 2156-2160.
6. Luzhenkova O.S. The calculation of the operating costs of the dredger and its maintenance fleet // *Aktual'nye voprosy ekonomicheskikh nauk*, 2011, № 10. – P. 38-41.
7. Ivanov V.V. reference parameters dredgers mining operations in developing water-bearing sand deposits // *European research*, 2015, № 7. – P. 10-11.
8. Sogin A.V., Sogin I.A., Kozhevnikov N.N. Selecting dredger for the production of works on clearing ponds and gidronamyvu // *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten'*, 2012, V. 8, № 1. – P. 11-17.
9. Bessonov E.A. Methods to improve the performance of dredgers for the conditions of the Far North // *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten'*, 2011, V. 6, № 1. – P. 116-124.
10. Dredger: pat. 92877 of the Rus. Federation. № 2009145674/22; appl. 09.12.2009; publ. 10.04.2010. – 5 p.
11. Dredger for mining sapropel: pat. 71127 of the Rus. Federation. № 2007140493/22; appl. 31.10.2007; publ. 27.02.2008. – 7 p.
12. Dredger: pat. 107193. of the Rus. Federation. № 2011109805/03; appl. 15.03.2011; publ. 10.08.2011. – 4 p.
13. The siphon dredger: pat. 112221 of the Rus. Federation. № 2011132409/03; appl. 01.08.2011; publ. 10.01.2012. – 5 p.
14. The soil device dredger: pat. 98434 of the Rus. Federation. № 2010123130/03; appl. 07.06.2010; publ. 20.10.2010. – 8 p.
15. Dredger: pat. 122401 of the Rus. Federation. № 2012131008/03; appl. 19.07.2012; publ. 27.11.2012. – 7 p.
16. The device scoop dredger: pat. 2434997 of the Rus. Federation. № 2007116353/03; appl. 03.05.2007; publ. 27.11.2011. – 4 p.
17. Dredger: pat. 72993 of the Rus. Federation. № 2007148283/22; appl. 24.12.2007; publ. 10.05.2008. – 5 p.
18. The device scoop dredger: pat. 125589 of the Rus. Federation. № 2012127521/03; appl. 02.07.2012; publ. 03/10/2013. – 18 p.
19. The device scoop dredger: pat. 2426838 of the Rus. Federation. № 2010130522/03; appl. 20.07.2010; publ. 20.08.2011. – 4 p.