

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБОГАЩЕНИЯ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ СПОСОБОМ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

Г.З. Карандаев, С.Н. Сальников

ON THE ISSUE OF THE DEVELOPMENT OF THE ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES FOR SAND-GRAVEL MATERIALS ENRICHMENT BY MEANS OF HYDROMECHANIZATION

G.Z. Karandaev, S.N. Salnikov

Обосновывается необходимость разработки новых энергосберегающих технологий обогащения песчано-гравийных материалов на основе анализа существующих технических решений и их недостатков.

Ключевые слова: обогащение, классификатор, намыв, сегрегация, обезвоживание, мобильная установка.

This article describes the importance of the development of new energy-saving technologies for sand-gravel materials enrichment on the basis of the analysis of existing technical solutions and their weaknesses.

Keywords: enrichment, classifier, alluvium, segregation, dehydration, portable unit.

В последние годы наблюдается неуклонное снижение требований к качеству песчаных материалов, добываемых гидромеханизированным способом для производства бетонов, железобетонных изделий и всевозможных растворных смесей, обусловленное почти полным прекращением функциональной деятельности контрольных служб в связи с переориентацией экономики и, кроме того,

большой энергоемкостью процессов обогащения зернистых материалов.

В 60–80-е годы прошлого столетия в СССР применялись, в основном, четыре типа гидравлических классификаторов (рис. 1).

Из них классификаторы типов «а», «б» и «г» были предназначены для обогащения песка по граничной крупности в пределах 0,16...0,30 мм и

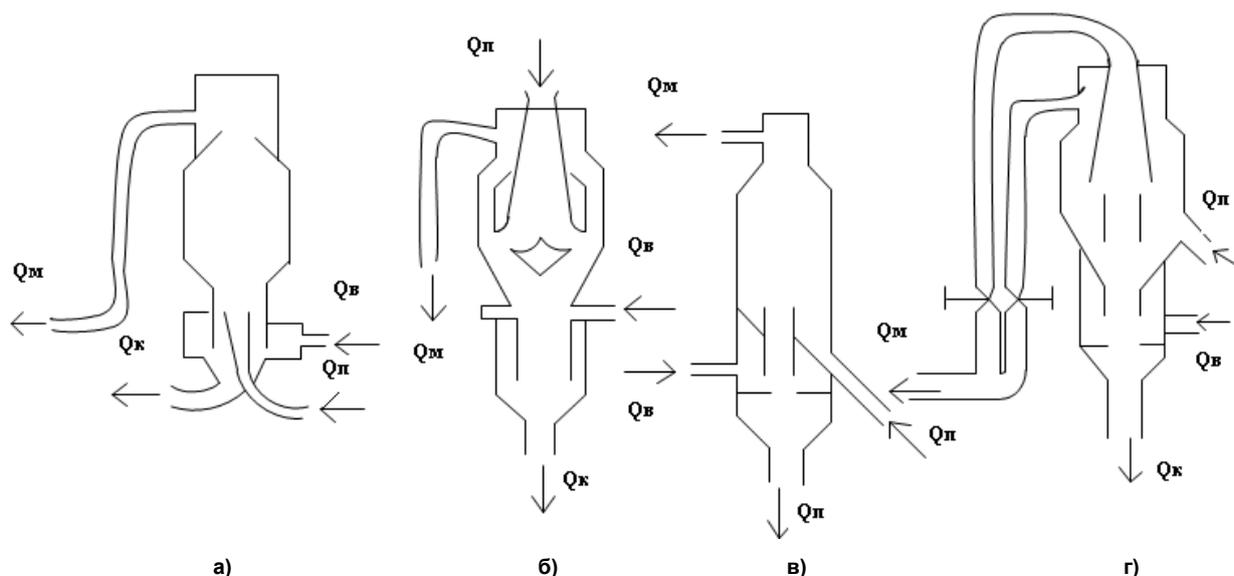


Рис. 1. Схемы гидравлических классификаторов: а – ВНИГС (автор В.В. Длоугий); б – НИИЖелезобетон (автор М.И. Хрусталев); в – ВНИИнеруд (автор И.С. Хоперский); г – ВНИИнеруд (автор В.И. Чудинов). Q_n – расход исходной пульпы, поступающей в классификатор, m^3/c ($m^3/ч$); Q_b – расход дополнительной чистой воды на создание восходящих потоков в камере классификации; Q_k, Q_m – расходы пульпы крупного и мелкого продуктов классификации

фракционирования по $d_{гр} = 0,6...1,2$ мм и только классификатор ВНИИнеруда типа «в» использовался для разделения песчано-гравийной смеси (ПГС) по $d_{гр} = \pm 5$ мм.

Общими недостатками всех типов классификаторов являются:

- необходимость подачи чистой воды для создания восходящих потоков в камере классификации (дополнительное привнесение энергии);

- большая металлоемкость конструкций как собственно классификаторов, так и поддерживающих устройств, требующих заводского изготовления и исключающих возможность изготовления комплексов в мобильном варианте;

- разгрузка крупного продукта обогащения во всех типах классификаторов желает быть много лучше.

Кроме того, каждый тип классификатора имеет свои специфические недостатки, снижающие эффективность процессов обогащения и их работоспособность – ниже они рассмотрены.

1. В конструкции типа «а» автор допустил две крупные принципиальные ошибки, приняв гидротранспортную схему складирования обоих продуктов разделения и конически сходящуюся к низу тороидную камеру классификации [1, 2].

В первом случае невозможно уравнивать величины гидравлических сопротивлений в трубопроводах крупного и мелкого продуктов – это аксиома гидравлики, не требующая доказательств, и В.В. Длюугий сразу же столкнулся с этим явлением, когда трубопровод крупного продукта стал часто забиваться и вся пульпа шла на карту мелкого продукта. Установка классификатора на высокую опору с нисходящим уклоном трубопровода крупного продукта позволила улучшить процесс обогащения, но вызвала другое негативное свойство этой схемы монтажа классификатора – уменьшение объема склада крупного продукта и необходимость бульдозерных работ для его увеличения.

Во втором случае скорость восходящих потоков воды в камере классификации меняется от максимального значения на входе и до минимального на выходе из камеры на уровне плоскости среза раструба питающего трубопровода исходной пульпы, усугубляя процесс пульсации скоростей восходящего потока как в вертикальном, так и в радиальном направлениях, усиливая пространственную флуктуацию зерен осаждаемого песка (гравия) при переменной их концентрации по высоте камеры классификации.

Попытки использовать классификатор в качестве выделителя гравия также окончились неудачей, что подтвердили исследования ВНИИнеруда в 1968 г. на карьере комбината строительных материалов в г. Гаргждай (Литва):

- камера классификации и раструб трубопровода для ввода исходной пульпы в классификатор при остановке земснаряда забивались полностью крупным материалом настолько плотно, что тре-

бовалась ручная их очистка. Для предотвращения забивки в верхней оконечности кольцевой камеры классификации была смонтирована дополнительная решётка с радиально расположенными колосниками, препятствующая оседанию особо крупных частиц (50...150 мм) в камеру классификации;

- в верхней части трубопровода исходной пульпы у ввода её в классификатор был установлен люк ревизии с быстросъёмной крышкой для периодической очистки раструба от крупных включений, осевших при отключении земснаряда.

Хотя эти конструктивные дополнения повысили работоспособность классификатора в качестве гравиевыделителя, но они резко снизили коэффициент использования рабочего времени (КИРВ) всего технологического комплекса, что повлекло за собой повышение себестоимости полезной продукции.

Справедливости ради надо признать, что классификатор ВНИИГС, оснащенный на трубопроводе крупного продукта безвакуумным струйным гидротранспортным устройством (ГУБС) по авторскому свидетельству № 195368 [3], показал хорошую работоспособность. Работа по реанимации с этим устройством простаивающей технологической линии по обогащению песка на карьере Малукса-1 Мгинского карьероуправления была проведена по просьбе Главленстройматериалов (г. Ленинград) в 1978 г. и показала результаты, превышающие экспериментальные данные автора конструкции.

Таким образом, можно заключить, что классификатор ВНИИГС (ГКД) при его реконструкции может быть признан аппаратом, пригодным для обогащения песка.

2. Конструкция классификатора НИИжелезобетона (ГКХ) по схеме «б» (см. рис. 1) обладает еще большим количеством недостатков, из которых самыми важными являются следующие:

- безнапорная подача исходной пульпы в классификатор, исключающая гидротранспорт обогащенного песка;

- необходимость использования энерго- и металлоемкого спирального классификатора для обезвоживания обогащенного песка и конвейерного его транспорта на складские площади;

- необходимость использования в некоторых случаях пескового насоса для транспорта шламовой пульпы в отвал;

- при обогащении мелких и среднезернистых песков невозможно обеспечить достаточную степень их обезвоживания для конвейерного транспорта на склады, так как эти пески после обезвоживания на спиральном классификаторе имеют влажность в пределах 22...25 % (в лучшем случае), при которой песок на подъемах стекает по ленте конвейера обратно, создавая большие трудности для организации веерных и хребтовых складов;

- конически расходящаяся тороидная камера классификации с вышеописанными ее недостатками;

Строительные материалы и изделия

– неоправданно сложная конструкция классификатора с неотработанной системой выгрузки обогащенного песка.

Все изложенное в совокупности способствовало негативному восприятию этого типа классификатора производственными организациями, вопреки рекламируемому технико-экономическим показателям [4].

3. Классификатор ВНИИнеруда, по схеме «в», изначально был разработан в качестве выделителя гравия и эксплуатировался в режиме ручного управления процессом разгрузки накопительной камеры. После длительных экспериментов в лабораторных условиях и апробации в производстве классификатор был оснащен системой автоматизации процесса разгрузки гравия и стабилизации режима разделения исходной песчано-гравийной смеси на песок и гравий в камере классификации [5, 6].

Длительная эксплуатация автоматизированного классификатора (1982–86 гг.) на карьере Малукса-2 Мгинского карьероуправления Главленстройматериалов (г. Ленинград) позволила установить следующее:

– расход дополнительной воды на создание восходящих потоков в камере классификации не превышает 1,0...1,5 м³ на 1 м³ исходной песчано-гравийной смеси;

– засоренность крупного продукта песком не превышает 2...4 %, а мелкого крупным – менее допустимых по ГОСТ 8736–93 для песка класса Т;

– расход воды на классификацию можно значительно уменьшить путем использования принципа шлюзования в процессе разгрузки накопительной камеры;

– классификатор – единственный из обогащательных аппаратов, допускающий производить процесс выделения гравия и обогащения песка в неразрывной гидротранспортной системе и позволяющий рационально использовать энергетические возможности грунтового насоса земснаряда.

4. Классификатор ВНИИнеруда, по схеме «г» [7], имеет те же недостатки в гидравлической системе, что и классификаторы ГКД и ГКХ (схемы «а» и «б»).

При неотработанной системе выгрузки и обезвоживания крупного песка с помощью трубчатого виброобезвоживателя, а также отсутствию системы автоматического регулирования режима классификации этот аппарат не может быть использован в производстве.

Заключая краткий анализ конструктивных особенностей и гидравлических качеств известных типов классификаторов и имея в виду необходимость выполнения операций выделения гравия, классификации (обогащения) песка в неразрывном гидротранспортном потоке по условию максимального использования энергии грунтового насоса земснаряда, можно отметить следующее:

– классификаторы ГКД, ГКХ и ВНИИнеруда, по схеме «г», даже после их конструктивной доработки вряд ли найдут применение в условиях постоянного повышения цены на энергоносители, высокой металлоёмкости и больших затруднений при попытке их использования в мобильном варианте;

– классификатор ВНИИнеруда, по схеме «в», в наибольшей степени соответствует требованиям энергосбережения, качества продуктов разделения песчано-гравийной смеси (ПГС), доступных и простых методов складирования гравия и песка, надежности конструкции и простоты обслуживания, а также возможности его использования в мобильном варианте.

Акцентированное внимание достоинствам классификатора (гравиевыделителя ВНИИнеруда) неслучайно – дело в том, что на сегодняшний день это единственный аппарат, позволяющий обеспечить выделение чистого гравия и обогащение песка в неразрывной гидротранспортной линии при минимальных энерго- и трудозатратах. Необходимость разработки мобильных технологических комплексов подтверждается количественным соотношением месторождений песка и ПГС по категориям их запасов по Урало-Сибирскому и Дальневосточному регионам (см. таблицу).

Как видно из таблицы, количество месторождений песка с запасами менее 10 млн м³ составляет 27,5 %, с суммарными запасами от всего количества разведанных месторождений песка ≈ 73 %, соответственно ПГС 27 и 70 %.

Динамика роста суммарных объемов песка и ПГС в разведанных месторождениях и распределения их по категориям запасов показаны на графиках рис. 2 и 3.

Анализ данных таблицы, динамики изменения запасов по категориям и их количественной составляющей к общему объему запасов песка и ПГС убеждает в необходимости вовлечения в хозяйственный оборот страны карьеров песка и ПГС с малыми запасами, разработка которых целесообразна только мобильными технологическими комплексами.

Статистика кадастра разведанных месторождений песка и ПГС

Категория месторождений по их запасам, млн м ³	Песок		ПГС	
	Количество, %	Суммарный объем запасов, %	Количество, %	Суммарный объем запасов, %
Менее 2	35	7	11	1
2...5	22	8,5	34	10
5...10	16	15	25	16
Всего	73	27,5	70	27

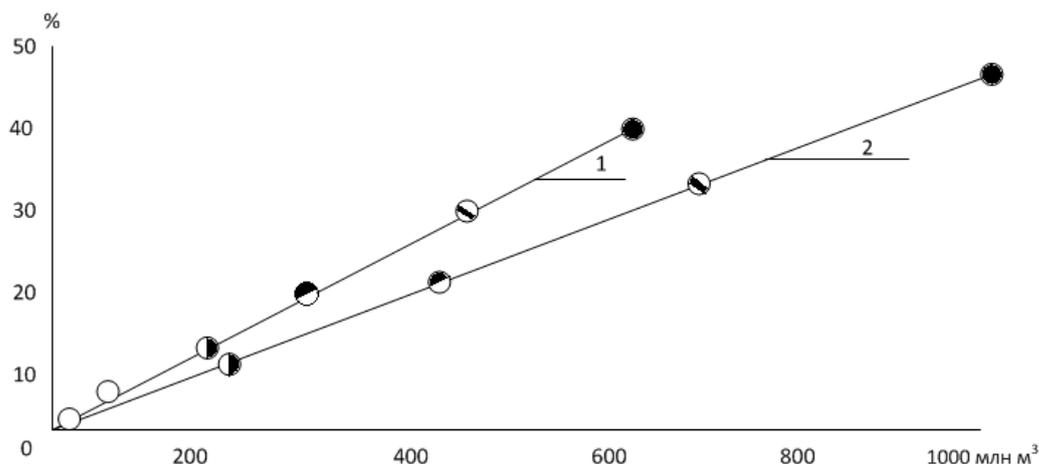


Рис. 2. Суммарные объемы песка и песчано-гравийных материалов месторождений с различными запасами в % от суммарных запасов Уральского, Западно-Сибирского, Восточно-Сибирского и Дальневосточного экономических районов: 1 – песок; 2 – песчано-гравийные материалы. Объем запасов месторождений в млн м³: ○ – менее 2; ◐ – 2...5; ◑ – 5...10; ◒ – 10...25; ◓ – свыше 25

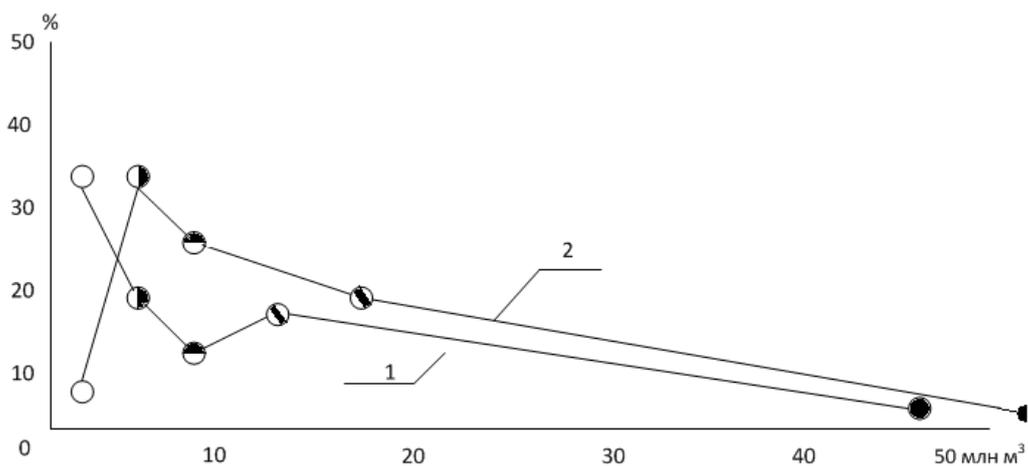


Рис. 3. Количественный состав месторождений песка и песчано-гравийных материалов в % от общего их числа в зависимости от объема запасов месторождения: 1 – песок; 2 – песчано-гравийные материалы. Объем запасов месторождений в млн м³: ○ – менее 2; ◐ – 2...5; ◑ – 5...10; ◒ – 10...25; ◓ – свыше 25

Многообразие качественного состава сырья различных месторождений и требований к ассортименту товарной продукции определяют необходимость разработки гибких технологических схем, возможности которых включали бы сортировку гравия на стандартные фракции по крупности и классификацию песка на фракции и обогащение его по мелким и отмучиваемым примесям, удаление органических примесей и обеспечение экологических требований по степени допустимого загрязнения акваторий карьеров сливными водами.

Исходя из этих общих положений, разработка гидромеханизированных обогатительных комплексов должна включать требования:

- высокой мобильности;
- модульного принципа формирования обогатительного оборудования по ассортименту видов полезной продукции;

– снижения удельных показателей энерго- и трудозатрат;

– простоты обслуживания комплексов за счет повышения уровня механизации и автоматизации технологических процессов.

Ввиду отсутствия на сегодняшний день отработанной конструкции гидравлического классификатора песка и неотложной задачи повышения его качества целесообразно в первую очередь доработать технологию бессегрегационного намыва песка в картах, а также его сгущения перед подачей на склады.

Исследования влияния эффектов сегрегации песка по длине карты при одностороннем торцевом намыве и его сгущения перед подачей на склады, проведенные в 1975–85 гг. трестом «Уралсигидромеханизация» под руководством главного инженера Г.И. Пеняскина и начальника технического отдела Г.П. Степанова, показали, что из-за

Строительные материалы и изделия

эффекта сегрегации теряется до 11 % объема намывного песка, а предварительное сгущение песка перед подачей его на склад позволяет на 19 % (в среднем) исключить простои земснарядов в период устройства обвалований.

Объем этих работ и вариантность возможных решений технологии обогащения и складирования

песка во взаимосвязи с воздействующими факторами можно определить из анализа принципиальной схемы на рис. 4.

Как видно из этой схемы, обеспечение параметров обогащения песка на требуемом уровне по ГОСТ 8736–93 (параметры b_2 – b_7) на основе параметра b_1 , составляющего суть процесса обогаще-

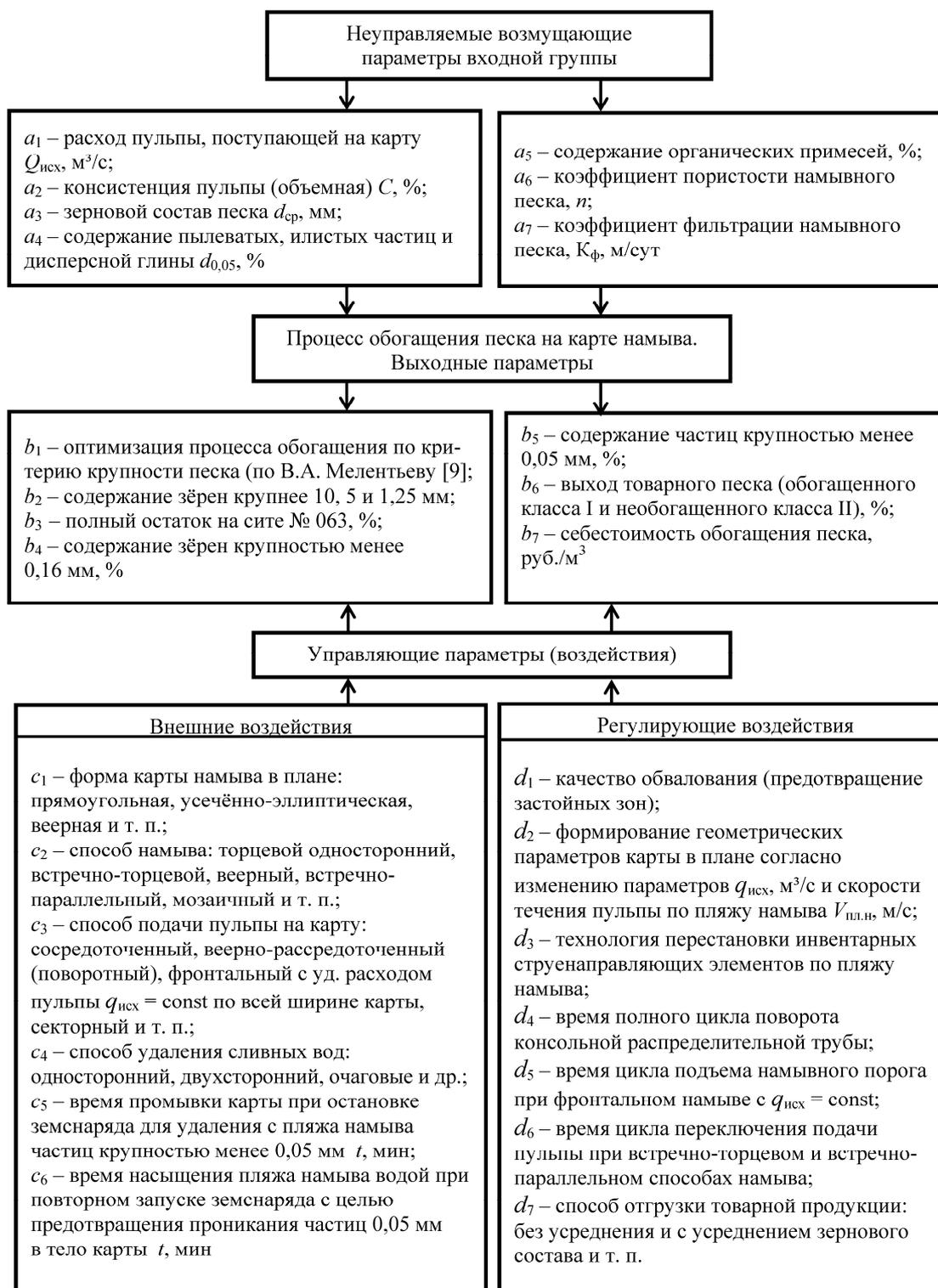


Рис. 4. Принципиальная схема взаимодействия факторов, влияющих на процесс обогащения песков на карте намыва

ния, зависит от взаимодействия неуправляемых возмущений входной группы (a_1 – a_7) и параметров, управляющих процессом обогащения – внешних (c_1 – c_6) и регулирующих (d_1 – d_7).

Выбор оптимальной технологической схемы обогащения песка при таких многочисленных взаимодействующих факторах крайне затруднителен и возможен только на основе методов инженерного прогнозирования [9] и синтеза рациональных технических решений [10].

Выбор и обоснование технологического способа обогащения песка и его складирования без привнесения дополнительной энергии на основе этих рекомендаций авторы представят в следующей работе.

Литература

1. Длоугий, В.В. Проектирование и эксплуатация прямоточных классификаторов для фракционирования песчано-гравийных смесей / В.В. Длоугий // Труды ВНИИГС. – Л., 1962.
2. Длоугий, В.В. Теория и методика построения рабочих характеристик гидроклассификаторов / В.В. Длоугий // Труды ВНИИГС. – М.; Л., 1964. – Вып. 22.
3. Жученко, В.А. Разработка и исследование безвакуумного гидротранспортного устройства типа ГУБС / В.А. Жученко, В.В. Иванников // *Нерудные строительные материалы: сб. тр. ВНИИнеруда.* – Тольятти, 1969. – Вып. 25.
4. Хрусталева, М.И. Временная инструкция по монтажу и эксплуатации гидроклассификаторов ГКХ / М.И. Хрусталева. – М.: ВУНИПИИСТРОМ-СЫРЬЕ, 1977.
5. А. с. № 882628 СССР. Способ автоматического управления работой гидроклассификатора / Г.З. Карандаев и др. – 1981. – Бюл. № 43.
6. Semochkin, A.I. Hydraulic processing of sand-gravel mixtures in apparatus automatically controlling output of sand and gravel / A.I. Semochkin, G.Z. Karandayev // *The sixth international conference on hydromechanization, Miskolc, Hungary, August 28–31, 1989.*
7. Чудинов, В.И. Гидравлический классификатор с автоматическим регулированием режима классификации / В.И. Чудинов // *Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов: сб.* – М.: ЦНИИТЕстром, 1966. – вып. 12.
8. Мелентьев, В.А. Песчаные и гравелистые грунты намывных плотин / В.А. Мелентьев. – М.; Л., 1960.
9. Гмошинский, В.Г. Инженерное прогнозирование / В.Г. Гмошинский. – М.: Энергоиздат, 1982.
10. Пушкарев, С.А. Методологические основы синтеза технических решений для внедрения при создании новой техники / С.А. Пушкарев. – М., Минобороны, 1992.

Поступила в редакцию 2 апреля 2012 г.