

УДК: 622.648.2-52

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫМИ РЕЖИМАМИ В ГЛУБОКОВОДНЫХ ЭРЛИФТНЫХ ГИДРОПОДЪЕМАХ.

Самуся В.И., докт. техн. наук, проф., Кириченко В.Е.,
аспирант, Евтеев В.В., аспирант
Национальный горный университет, г.Днепропетровск

Разработаны алгоритмы автоматизированного способа запуска и останова глубоководных эрлифтных гидроподъемов при оптимальной глубине погружения смесителя, с учетом специфики эксплуатации установок в составе горно-морских предприятий.

The authors suggest the algorithms for deep-water airlift automatic startup and switch-off. The peculiarities of airlift plant performance at sea-mining enterprises are taken into account.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Сегодняшний день характеризуется высокими темпами развития промышленности, в связи с чем остро стоит вопрос расширения минерально-сырьевой базы. В этом плане освоение морских месторождений полезных ископаемых не имеет альтернативы. Решением совета национальной безопасности и обороны Украины от 16 мая 2008 года «О мероприятиях по обеспечению развития Украины как морского государства», приведенным в действие указом президента Украины № 463/2008 от 20 мая 2008 года, предусмотрена разработка новой «Национальной программы исследований и использования ресурсов Азово-Черноморского бассейна, других районов Мирового океана на 2009 – 2034 годы». Для добычи минерального сырья со дна Мирового океана необходимо создание сложных многофункциональных комплексов, где одной из основных технологических операций является транспортирование добытых полезных ископаемых на поверхность. Специалистами выделяется эрлифтный способ гидравлического транспортирования твердых минералосодержащих материалов.

Глубоководный эрлифтный гидроподъем (ГЭГ), как объект управления является существенно инерционной и нелинейной системой [1], в виду большой протяженности пневмогидравлических трактов, транспортирующих многокомпонентные среды, что оказывает

определяющее влияние на характер протекания и параметры переходных режимов. Статья посвящена **актуальной проблеме** разработки эффективных способов и средств автоматизированного управления глубоководными эрлифтными гидроподъемами в составе горно-морских предприятий при освоении рудных месторождений Мирового океана.

Анализ исследований и публикаций. Практически во всех известных на сегодняшний день работах, посвященных методам расчета эрлифтов, рассматриваются только установившиеся рабочие режимы установок и не рассматриваются нестационарные и переходные процессы. Исключениями являются отдельные работы. В работе [1] приведено математическое описание процессов запуска и останова односмесительного ГЭГ, в котором глубина погружения смесителя, ввиду ограниченности развиваемых имеющимися компрессорами давлений, не обеспечивает эксплуатацию гидроподъема в оптимальном по энергоемкости режиме. В работе [2] предложен способ запуска многосмесительного эрлифта, где глубина погружения нижнего смесителя соответствует параметрам оптимального режима, однако характеризуется низкой надежностью, многочисленностью пусковых операций и большой продолжительностью. В работах [1,2] переходные процессы в элементах ГЭГ рассматриваются в отрыве от функционирования добычного оборудования, и поэтому полученные результаты объективно не могут служить основой для разработки автоматизированного способа управления переходными режимами гидроподъемов в составе горно-морских предприятий.

Постановка задачи. В работах [3,4] рассмотрены особенности создания экспериментальной АСУ в плане совместной работы машиностроителей и специалистов по системам управления и предложен блочно-иерархический подход к разработке технологии управления глубоководными добычными комплексами. На основе анализа результатов этих работ сформулированы основные требования к запуску ГЭГ в контексте требований к разрабатываемой экспериментальной АСУ, в соответствии с которыми разработан способ запуска ГЭГ непосредственно на смесителе, глубина погружения которого превосходит максимальный напор, развиваемый компрессором [5].

Целью данной статьи является создание алгоритмов разработанного способа с учетом специфики эксплуатации ГЭГ в составе горно-морского предприятия.

Изложение материала и результаты. На рис. 1 приведено схематическое изображение экспериментального ГЭГ и оборудования донного блока. Эрлифтная установка состоит из транспортного трубопровода (ТТ) 1, компрессора (компрессорной станции) 2, смесителя 3 и воздухопровода 4. ТТ условно разделяется на две составляющие: подъемная труба (ПТ) (выше смесителя) и подводящая труба (ниже смесителя). Воздухопровод также состоит из двух участков:

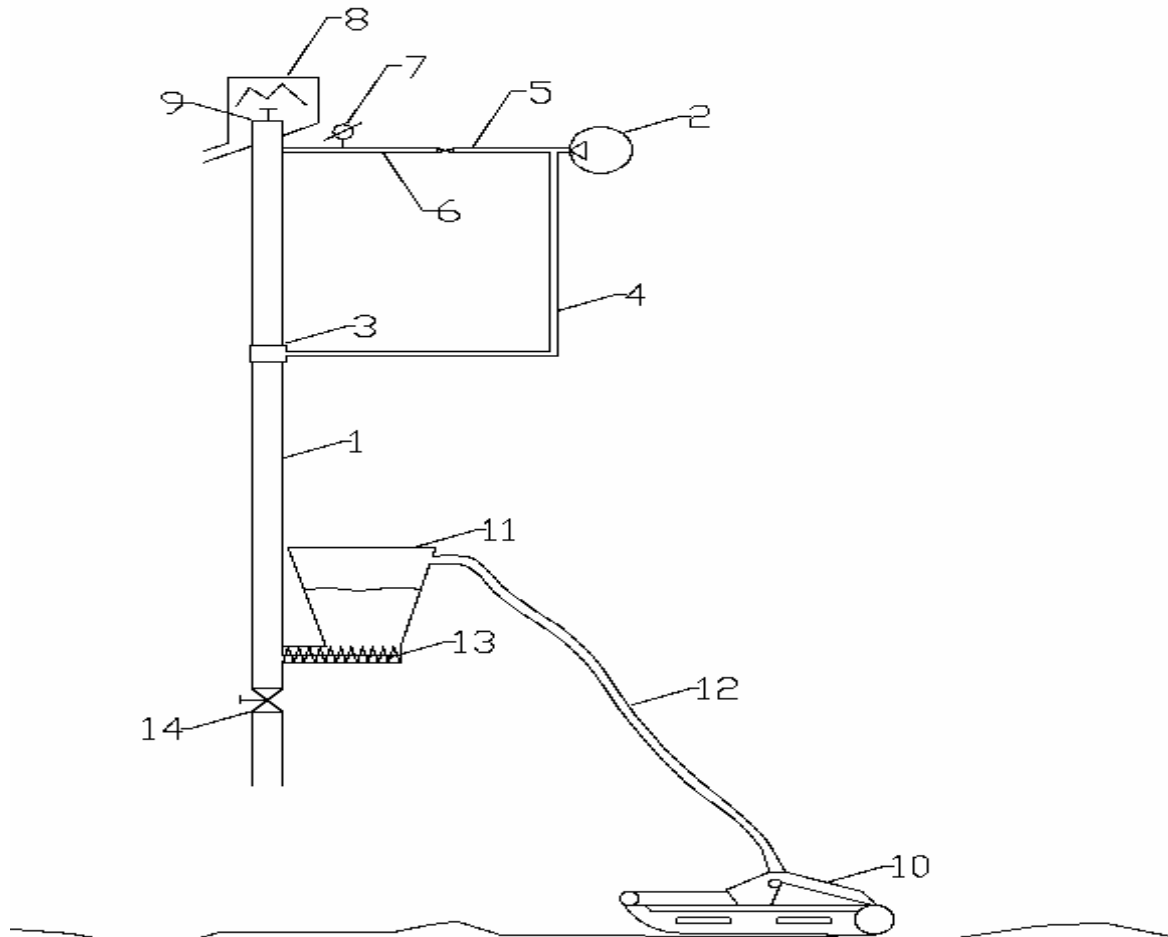


Рис. 1. Глубоководный эрлифтный гидроподъем

нагнетающего пневмопровода 4, который соединяет компрессорную станцию со смесителем и дополнительного пневмопровода 5, соединяющего компрессорную станцию с выходом ПТ. Дополнительный пневмопровод оборудован управляемой задвижкой (Z_1) 6 и манометром 7. В верхней части подъемной трубы находится воздухоотделитель 8 и запорное устройство Z_3 (9).

К рассматриваемым элементам донного блока относятся: агрегат сбора (АС) 10, осуществляющий сбор твердых полезных ископаемых (ТПИ) со дна океана, отмыв ТПИ от донных осадков и предварительное дробление; бункер-накопитель (БН) 11, предназначенный для промежуточного хранения запаса ТПИ; гибкая связь (ГС) 12, по которой ТПИ доставляется от АС к БН; шнек 13, обеспечивающий по-

дачу твердого материала из БН в подводящую трубу; управляемая задвижка 14 (Z_2).

Разработанный способ представлен с помощью блок-схем алгоритмов запуска и останова (рис. 2). Ниже приведено укрупненное описание ключевых особенностей способа и алгоритмов.

За исходное состояние перед запуском принимается следующее: АС находится в состоянии готовности и выведен на исходную позицию; компрессор – выключен; приводы шнека и насоса ГС – выключены; задвижка Z_3 – закрыта;

Принцип разработанного способа запуска заключается в предварительном снижении давления в смесителе путем выполнения следующих операций. При открытых задвижках Z_1 и Z_2 включается привод компрессора (рис.2а, блок 9) и осуществляется вытеснение воды из трубопроводов 1,4 через нижнее сечение ТТ (рис.2а, б.10). Перекрываются задвижки Z_1 и Z_2 (рис.2а, б.11) и пневмопоток перенаправляется через нагнетающий пневмопровод 4 в смеситель 3. Открывается Z_3 (рис.2а, б.11), что приводит к разгерметизации ТТ и снижению, таким образом, давления в смесителе с последующей подачей в него сжатого воздуха. Далее открывается задвижка Z_2 и эрлифт переходит в рабочий (установившийся) режим.

С целью уменьшения продолжительности запуска ГЭГ алгоритмом предусмотрено параллельное выполнение эрлифтом и донным блоком операций по подготовке к транспортированию сырья. Процесс подготовки донного блока к транспортированию сводятся к накоплению в БН необходимого количества ТПИ (M_n) к моменту готовности эрлифта транспортировать пульпу. Длительность процесса подготовки эрлифта, по предварительной оценке специалистов, может быть либо меньшей, либо равной длительности процесса подготовки донного блока. Поэтому в алгоритме вычисляется «длительность задержки» t_{II} (рис.2а, б.5), на которую нужно сместить начало запуска эрлифта относительно начала запуска донного блока (рис.2а, б.7).

$$t_{II} = \frac{M_n - m_{БН}}{\dot{m}_{БНПР}} - t_k - t_э - t_з,$$

где $\dot{m}_{БНПР}$ – средний массовый расход заполнения БН твердым; $m_{БН}$ – масса твердого в БН; t_k – продолжительность вытеснения воды из трубопроводов, через нижнее сечение ТТ; $t_э$ – продолжительность разгона воды в подводящей трубе; $t_з$ – суммарная продолжительность переключения задвижек.

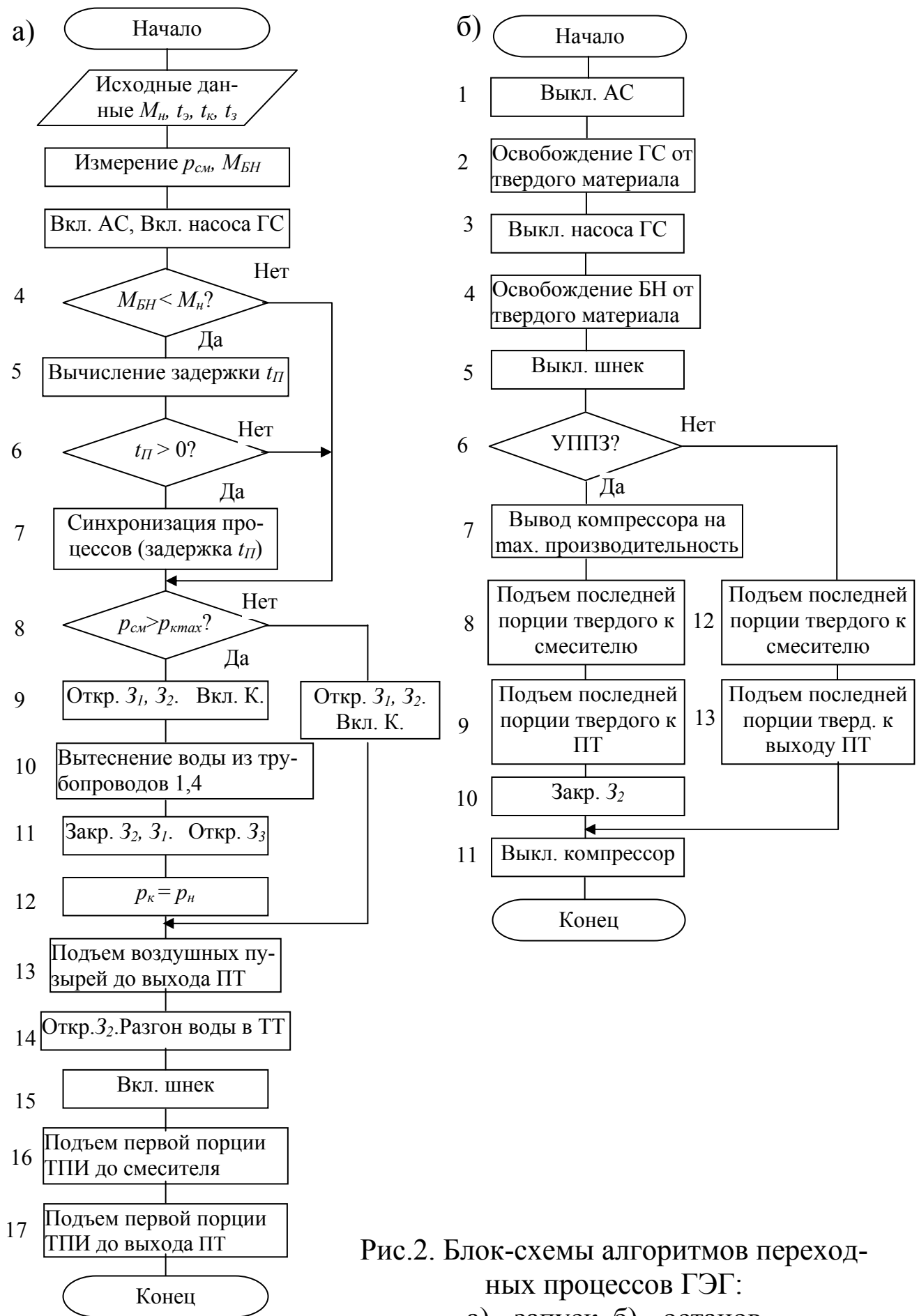


Рис.2. Блок-схемы алгоритмов переходных процессов ГЭГ:
а) - запуск, б) - останов

Немаловажним преимуществом разработанного способа является возможность применения «упрощенной процедуры последующего запуска» (УППЗ) (рис.2а, б.18; рис.2б, б.7–10). Смысл УППЗ заключается в останове ГЭГ таким образом, чтобы давление в смесителе было меньше максимально развиваемого компрессором давления, что позволяет осуществить последующий запуск упрощенным способом (прямой подачей сжатого воздуха в смеситель, без предварительной процедуры вытеснения воды из ТТ). Достигается это перекрытием задвижки Z_2 перед выключением компрессора (рис.2а, б.10) в процессе останова, что приводит в итоге к снижению высоты водяного столба в ТТ, а следовательно и к уменьшению давления в смесителе.

Выводы и направление дальнейших исследований. Разработаны алгоритмы запуска и останова глубоководного эрлифта, комплексно описывающие переходные режимы в элементах гидроподъема согласованно с операциями добычного оборудования. Предложенный способ обладает повышенной надежностью и эффективностью в сложных условиях больших глубин. В рамках разработанных алгоритмов решена задача сокращения длительности переходных процессов в элементах горно-морского оборудования за счет совмещения во времени пусковых операций гидроподъема и донного блока, а также за счет реализации упрощенной процедуры повторного запуска установки. Предметом дальнейших исследований является создание программно-вычислительного комплекса, моделирующего переходные режимы в элементах добычного и транспортирующего оборудования горно-морских предприятий.

Список источников.

1. Кириченко Е.А. Численное моделирование переходных процессов в глубоководном эрлифте // Гірничо електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 1998. – Вип. 1. – С.116-124.
2. Скорынин Н.И. Исследование и разработка глубоководных многосмесительных эрлифтных установок для подъема горных масс: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Донецк, 1984. – 19 с.
3. Кириченко Е.А., Самуся В.И., Кириченко В.Е. Особенности разработки экспериментальной автоматизированной системы управления морскими горными добычными комплексами // Збірник наукових праць національного гірничого університету. – 2008. – Вип. 30. – С. 112 – 120.
4. Кириченко Е.А., Самуся В.И., Кириченко В.Е. Блочно – иерархический подход к разработке технологии управления глубоководными добычными комплексами // Гірничо електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб.
5. Пат. 2007101092/03 РФ, МПК E21C 50/00, E21C. Способ запуска и остановки морского эрлифта и система для его реализации / Пивняк Г.Г., Кириченко Е.А., Евтеев В.В., Шворак В.Г., Кириченко В.Е. Опубл. 09.01.2007, 45/00, F04F 1/20.

Дата поступления статьи в редакцию: 31.10.08