Горные стационарные установки и машины.
Записки Ленинградского горного института. Л., 1988. Т.

УДК 622.24.085.5

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Д.А.ЮНГМЕЙСТЕР, В.Я.КИПОВСКИЙ, И.Г.ШЕЛКОВНИКОВ

В настоящее время в СССР ведутся работы по созданию средств для поиска, разведки и освоения минеральных ресурсов Мирового океана. К ним относятся морские пробоотборники, подводные буровые установки, устройства для крупнообъемного опробования, различного типа добычные установки и системы транспортирования до поверхности.

Обычно организации-разработчики средств исследования и добычных агрегатов ведут проектирование без изучения взаимосвязей комплекса: судно обеспечения - подводные транспортные коммуникации - донный технический объект. Проектирование любого отдельно взятого звена комплекса без учета взаимосвязей между всеми звеньями не позволяет достичь высокой эффективности работы комплекса в целом. Значительные трудности при разработке конкретного вида техники вызывает отсутствие готовых приемлемых технических решений по смежным звеньям таких комплексов. Это зачастую приводит к отказу от использования одного из звеньев комплекса, усложнению технологии ведения работ и конструкций проектируемых объектов. Отсутствие критериев оценки эффективности и целесообразности технологических и конструктивных решений не позволяет выработать единый подход к проектированию систем подобного типа.

Наибольшие сложности при проектировании подводных буровых установок, агрегатов сбора, добычных машин и т.д. вызывает выбор конкретных транспортных средств технологического обеспечения, а также транспортирования собственно продуктов их производства. Г.А.Нурок и др. считают [1], что в настоящее время в основном найдены более или менее эффективные решения подводной выемки и транспортирования породы для всех глубин Мирового океана. Однако анализ литературных источников говорит о недостаточности проработки проблемы создания таких средств.

Анализ эффективности использования как самих комплексов, так и отдельных их узлов, а также создание методики определения оптимальных компоновочных схем комплексов невозможны без учета требований, предъявляемых ко всему комплексу. Такие комплексы должны выполнять следующие основные функции: поиск и разведка геологических запасов подводного месторождения с определением его контуров, рельефа дна, мощности (толщины) рудоносного тела, физико-механических свойств полезного ископаемого, в структурных схемах обозначается Р; отделение горной массы от целика О;

погрузка полезного ископаемого на транспортное средство С; транспортирование до поверхности П; разгрузка на поверхности Г; транспортирование до порта приемки на суше Т.

Возможны промежуточные функции: сбор или захват полезных ископаемых (ПИ) У; аккумулирование ПИ в донных бункерах А; подводное дробление Д; подводное обогащение Б.

Общие требования к комплексам: максимальная охрана окружающей среды; высокая производительность и надежность работы (эффективность); автономность (работа без человека), предусматривающая использование современных средств автоматизации и роботизации.

Следуя методу составления структурных схем глубоководных технологий [I], рассмотрим основные типы возможных комплексов, отличающихся по принципу ведения работ.

I. Для осуществления поисковых и рекогносцировочных работ (Р + П).

II. Для осуществления геолого-разведочных и подготовительных работ (Р + П) и (Р + У + А + П).

Для разработки месторождений металлоносных илов (У + С + П + Г + + Т).

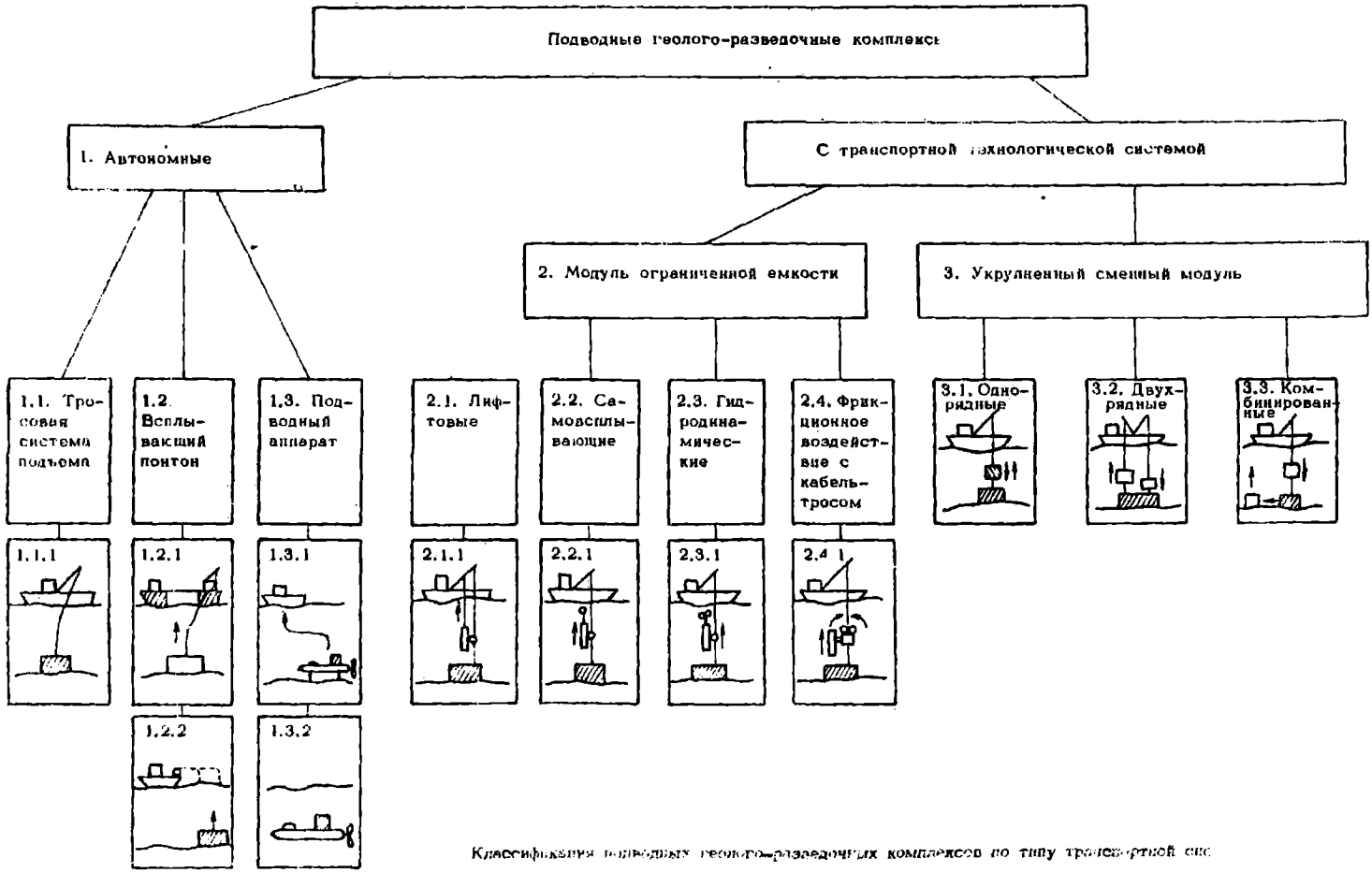
IУ. Для разработки месторождений конкреций (У + С + П + Г + Т) или для крупнообломочных осадочных пород (У + Д + С + П + Г + Т).

У. Для разработки месторождений полезных ископаемых, находящихся в целике (О + У + А + Д + Б + С + П + Г + Т) или (О + У + А + Д + С + + П + Г + Т).

Для создания всех комплексов (мобильных и стационарных) существуют две принципиально отличающиеся по выполняемым функциям транспортные системы: I) технологические транспортные системы ТТС, необходимые для осуществления транспортных операций по спуску-подъему модулей с технологическим оборудованием (комплексы I и II типов); 2) добычные транспортные системы ДТС, входящие в состав добычных комплексов III-У типов.

Технологические транспортные системы предназначаются для технологического обслуживания донных технических объектов различного целевого назначения (доставка инструмента, оборудования, расходуемых материалов, сменных автономных источников энергии и т.п.). К ТТС относятся также грузопассажирские лифтовые устройства, предназначенные для обслуживания подводных обитаемых комплексов. Специфика использования ТТС, режим загрузки и грузоподъемность позволяют выделить их в отдельный класс транспортных систем, отличный от добычных транспортных систем. Основной отличительной особенностью ТТС является цикличный режим работы. Примером ТТС могут служить системы доставки бурового инструмента подводных буровых станков (ПБС) Maricore (Швеция) и МД-100/100 (Япония).

В настоящее время первоочередной задачей морских исследований является разработка надежного и высокоэффективного комплекса для морских геолого-разведочных работ (I-II типы). Далее рассматриваются только такие комплексы, у которых подводный аппарат связан с судном обеспечения кабель-тросом. Классификация комплексов I и II типов по типу ТТС представлена на рисунке.



Классификация подводных геолого-разведочных комплексов по типу транспортной сис

Разработка универсальной ТТС, способной работать в составе различных морских геолого-разведочных и исследовательских комплексов, должна вестись в направлении выбора как самой схемы комплекса, так и оптимума ее технико-экономических параметров. Трудности при решении этой задачи связаны с выбором конкретных схем конструкций и определением типов устройств подъема и типов их основных узлов (например, несущих или тяговых органов, узлов сопряжения транспортной системы подводным агрегатом и судном обеспечения). Теоретически возможен синтез большого числа принципиально отличающихся комплексов. Определим набор наиболее приемлемых вариантов конкретных конструкций комплексов. Для этого применим метод морфологического анализа, предложенного Цвикки [3]. Согласно этому методу объект исследования (глубоководный комплекс) разбивается на условные узлы, для каждого узла формулируются все возможные средства для его реализации, которые записываются в таблицу. Далее из получаемой таблицы (табл.I) возможен синтез различных конструкций комплексов. Возможно $N = 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 = 630$ мыслимых вариантов конструкций комплексов. Из них для анализа выбираем следующие варианты, обозначаемые графами в табл.I: $P_1^1\ P_2^2\ P_3^3\ P_4^1\ P_5^4$; $P_1^1\ P_2^3\ P_3^3\ P_4^2\ P_5^1$; $P_1^1\ P_2^2\ P_3^3\ P_4^1\ P_5^3$; $P_1^1\ P_2^3\ P_3^3\ P_4^1\ P_5^5$; $P_1^1\ P_2^3\ P_3^3\ P_4^1\ P_5^6$ (на рисунке соответственно схемы 2.2.I; 2.3.I; 2.4.I), как наиболее перспективные. Варианты выбирались по принципу максимальной простоты конструкции, возможности в ближайшее время осуществить создание конструкции путем использования спробованных узлов, с учетом возможного максимального сохранения экологии океана, отсутствия людей под водой за счет использования комплекса автоматов, а также возможности создания на их базе непрерывно действующих добычных комплексов.

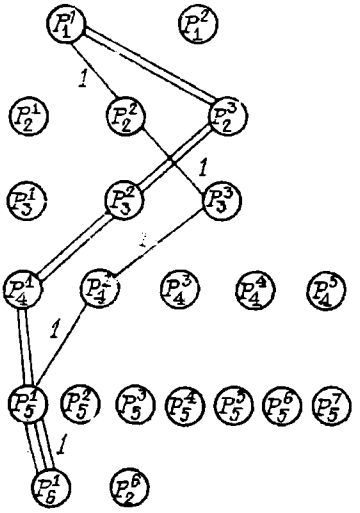
В задачи данной работы входило: проведение исследования возможности применения в качестве подъемников различных типов устройств и выбор ТТС с оптимальными технико-экономическими параметрами для заданных условий применения.

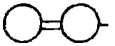
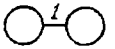
Для оценки эффективности применения различных ТТС используем подход, описанный в работе [2] и основанный на экспертных оценках. Положим, требуется создать в ближайшее время комплекс, позволяющий осуществлять связь плавсредства с глубоководным аппаратом посредством подвижного модуля, направляющим для движения которого является кабель-трос. Имеются конструктивные решения по каждому варианту комплекса (см. табл.I и рисунок). Исходные данные: $H_1 = 250$ м; $H_2 = 2000$ м; $t_{раб} > 5$ ч (здесь H – глубина моря; $t_{раб}$ – время работы на дне).

За базовый вариант принимается комплекс, состоящий из плавучей платформы (судна-носителя), включающего глубоководную лебедку, компенсатор качки, кран, энергетическую установку; глубоководный аппарат (ПКБС); транспортное средство, включающее устройство удержания модуля, кабель-трос, тяговый канат, приемное устройство на плавсредстве и подводном аппарате. Создание такого комплекса возможно сегодня. Все комплексы также будут иметь три основных узла – плавсредство, транспортное средство, глубоководный аппарат. Принимаем следующую шкалу соотношения узлов по важ-

Таблица

Формирование комплексов по характерным свойствам

Обозначение	Свойства комплексов и их [illegible]ия
	Аппарат стационарный, перемещающийся по [illegible]ну Аппарат снабжен источником автономного питания, питается электроэнергией по кабелю, то же по кабель-тросу Аппарат снабжен устройством для самовсплывания, тяговым канатом, устройством для перемещения по линии связи На поверхности имеется судно обеспечения, платформа с силовой и грузоподъемной установками, сигнальный буй с линией связи, судна нет, затапливаемые платформы Используются в транспортной связи: лебедка на судне, самовсплывающая система, реактивный двигатель, шестеренное [illegible]тройство, тягач Берсеньева, ЛАД, шаговая ус[illegible]ни Связь между подводным [illegible]ом и судном циклическая, непрерывная

Примечание.  - базовый вариант;  -

ности (точнее, стоимости) - затраты на плавучие средства, подводный аппарат, транспортное средство относятся как 4:2:I. Все затраты на комплекс разбиваем на три группы затрат: первая включает капитальные затраты, т.е. стоимость оборудования; вторая объединяет эксплуатационные затраты стоимость аренды судна, энергии, заработной платы и т.д., включая дополнительные средства для обеспечения работоспособности комплекса; третья представляет подготовительные затраты на монтаж, транспортировку к месту работы, спуск в воду и т.д.

Анализ стоимостных отношений по всем трем группам производится для каждого узла по каждому комплексу. Эксперту необходимо, основываясь на своем опыте и учитывая по возможности все технико-экономические особенности сравниваемых вариантов, оценить величину безразмерного отношения

$$\xi = \frac{A^k_{ij}}{A^k_{i0}}$$

где A^k_{ij} - стоимость i-го узла (i I, 2, 3) для j-го типа комплекса (j = I÷5) по k-й группе стоимостей (k = I÷3); A^k_{i0} - стоимость i-го узла базового варианта по k-й группе стоимостей.

Оценка C^k_{ij} выставляется в соответствующей графе таблиц по принципу:

Таблица 2

Сравнительная оценка вариантов комплексов

Группа затрат	Базовый			2.2.1. Кабель-трос + самовсплывающий модуль			2.3.1. Кабель-трос + винтовой (гидродинамический) подъемник			2.4.1. Кабель-трос + трос направляющий + фрикцион-подъемник		
	плав-сред-ство	подвод-ный аппарат	транс-портное средство	плав-сред-ство	подвод-ный аппарат	транс-портное средство	плав-сред-ство	подвод-ный аппарат	транс-портное средство	плав-сред-ство	подвод-ный аппарат	транс-портное средство
Капитальные затраты (стоимость узлов комплекса)				0	1	0	0		0	0	1	
Эксплуатационные затраты: стоимость аренды судна, стоимость дополнительных средств по обеспечению работоспособности				0	1	1	0	1	0		1	1
Подготовительные затраты: на монтаж, транспортировку к месту работы, спуск в воду				0	1	0	1	1	0	1	1	1
Суммарная оценка				111			110			10001		

$$c_{ij}^{k} = \begin{cases} 1, & \text{если } \xi \geq 1; \\ 0, & \text{если } \xi < 1. \end{cases}$$

Например, если эксперт считает, что стоимость судна (платформы) первого сравниваемого варианта меньше стоимости платформы с лебедкой и т.д. базового варианта, он выставляет оценку $C_{1,1}^{1} = 0$. Если $C_{2,1}^{1} = 1$, то стоимость глубоководного аппарата не отличается от стоимости по базовому варианту. Наконец, если самовсплывающая транспортная система, по мнению эксперта, дешевле, проще в эксплуатации и надежнее традиционного способа подъема (лебедкой), он выставляет оценку $C_{3,1}^{1} = 0$.

Таким образом, по первой группе стоимостей для первого сравниваемого варианта получена оценка $C_{1-3,1}^{1} = 10$, предположим, что по второй и третьей группам получим оценки $C_{1-3,1}^{2} = 111$, $C_{1-3,1}^{3} = 110$, тогда общая оценка

$$\delta = \sum_{k=1}^{k=3} C_{1-3,1}^{k} = 10 + 111 + 110 = 1111.$$

Оценки по каждой группе являются числом, выраженным в двоичной системе исчисления. Из табл.2, составленной на основе анализа экспертных оценок, видно, что при исследовании комплексов, включающих судно, ТТС и подводный объект, целесообразно для H_1 применять ТТС традиционного исполнения и с подвижным модулем, движущимся по кабель-тросу, по возможности не касаясь его, например, винтовой движитель, самовсплывающая установка и другие движители, аналогичные по принципу действия реактивному. Это связано с тем, что не требуется оснащения судна грузоподъемным устройством и компенсатором качки, мощность движителя модуля может быть меньше в 3-5 раз по сравнению с базовым вариантом за счет отсутствия необходимости подъема каната, запас прочности которого $n = 3 \div 5$, а также учета динамических процессов в канате. Использование таких ТТС в сочетании, например, с ПКБС (разработана в ЛГИ) может повысить глубину бурения станка до сотен метров (вместо 30) или значительно повысить время работы шагающих установок, уменьшить время стоянки судна над точкой бурения за счет сочетания операций бурения или других исследовательских работ и смены кассет или контейнеров.

Рассмотренный метод может быть применен для обоснования выбора компоновочной схемы комплексов для проведения морских геолого-разведочных и добычных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нурок Г.А., Брунман Ю.В., Бубис Ю.В. и др. Технология добычи полезных ископаемых со дна озер, морей и океанов. М. Недра, 1979.

2. Юнгмейстер Д.А. Оценка эффективности применения различных типов промежуточных приводов многоприводных ленточных конвейеров // Проектирование предприятий горнорудной промышленности / Труды ин-та Гипромез. Вып. 8, М., 1984.

3. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. М. : Прогресс, 1974.