

эксплуатации в безграничной идеальной жидкости может быть существенно повышена только за счет уменьшения уровня вибровоздействия на обрабатываемый материал, по сравнению с уровнем, обеспечивающим ту же скорость в воздушной среде.

### Литература

1. Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение. -М.: Наука, 1964. - 410 с.
2. Вайсберг Д.В., Городецкий А.С., Кирчевский В.В., Сахаров А.С. Метод конечного элемента в механике деформируемых тел// Прикладная механика. -1972.- Вып. 8. -С. 3-17.
3. Гранат Н.Л. Движение твердого тела в пульсирующем потоке вязкой жидкости// Изв. АН СССР, Сер. Механика и машиностроение.- 1960. -№1. -С. 70-78.
4. Костюков А.А.. Взаимодействие тел, движущихся в жидкости.-Л.: Судостроение, 1972. - 310 с.
5. Нагаев Р.Ф. Периодические режимы вибрационного перемещения. - М.: Наука, 1978. - 290 с.
6. Потураев В.Н., Борохович Д.Е., Шевченко Г.А., Лысенко Г.М., Исследование динамики рабочего органа вибромашины и технологической нагрузки в жидкости// Вибрационные эффекты в процессах добычи и переработки минерального сырья. -К.: Наукова думка, 1989.- С. 123-132.

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ IV ЭНЕРГОБЛОКА ЧАЭС В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ ОБЪЕКТ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Кузьминский В.П., Кравченко В.Г., Кузнецов Ю.М.,  
Кухарь В.Ю., Кудрявцев Д.В., Рудчик О.С.,  
НИПИОкеанмаш, г. Днепрпетровск

### 1. Введение

Специалистами НИПИОкеанмаш проработана новая технология крупноблочной разборки завалов, сочетающая в себе безопасное ведение работ с радиоактивными материалами с высокой производительностью. Совместно с ГКБ "Южное" проведены работы по созданию дистанционно-управляемых агрегатов (ДУА) различного назна-

чения для разрушения твердых топливосодержащих материалов и удаления их из подреакторных помещений IV энергоблока ЧАЭС.

Проработан комплекс вопросов, связанных с кабельным электроснабжением и управлением по кабелям дистанционно-управляемых агрегатов. Этот вопрос, судя по созданным ранее ДУА, недооценивался специалистами. А ведь создание надежной сети кабельных линий за каждым из множества ДУА, работающих в зоне радиации в захламленных стесненных помещениях - одна из важнейших проблем, решение которой обеспечит необходимую надежность оборудования.

Разработаны новые технические решения по бурению шпуров и их заряданию в безлюдном режиме. С участием специалистов Национальной горной академии Украины и института им. Патона разработаны устройства взрывного разрушения, допустимые для применения в условиях ЧАЭС. Предложены новые устройства распорного разрушения (закладываемые в шпур) с автономными источниками энергии.

В связи с неординарными условиями работ на объекте "Укрытие" ЧАЭС для решения возникших проблем потребовался поиск принципиально новых решений. Некоторые из них, представляющие, по мнению авторов, наибольший интерес для специалистов, описаны в настоящей статье.

## 2. Способ крупноблочной разборки завалов

Завалы, возникшие в результате разрушения зданий и сооружений при чрезвычайных ситуациях, разбирают, как правило, с помощью крупной, мощной техники (бульдозеры, тягачи, экскаваторы и др.). Завал растаскивают крупными блоками, которые удается вытащить; при необходимости, разрезают крупные, частично зажатые блоки на транспортабельные куски, перерезают арматуру, металлоконструкции, препятствующие вытаскиванию крупных блоков. При такой разборке достигается высокая производительность работ. Недостатком является обильное пылеобразование. В условиях объекта "Укрытие" такой способ разборки завалов неприемлем. В завалах объекта "Укрытие", например, в подреакторных помещениях или реакторном зале, находится радиоактивное топливо и топливосодержащие материалы (ТСМ). С целью обеспечения радиационной безопасности должно быть исключено перемешивание материала завала, не допускается пылеобразование. Эти ограничения требуют применения

другой технологии: разрезание крупных блоков на мелкие (несколько килограммов) куски и погрузка их в тару ограниченной емкости. Высокая радиоактивность вынуждает проводить работы в безлюдном режиме, с помощью дистанционно управляемых агрегатов. Такая технология ведения работ обеспечивает радиационную безопасность, но является непроизводительной и энергоемкой. Предварительные расчеты показывают, что на расчистку, например, реакторного зала по такой технологии могут потребоваться десятки лет.

Специалистами НИПИОкеанмаш предложена новая технология крупноблочной разборки завалов, обеспечивающая высокую производительность и радиационную безопасность.

Суть ее заключается в следующем:

1) расчищаемый участок завала (или весь завал) омоноличивают, пропитывая его самотвердеющим составом на определенную глубину или полностью;

2) разрезают омоноличенный участок завала на транспортабельные блоки с помощью абразивно-канатных пил, колонковых сверл большого диаметра или другим методом (далее рассматривается разрезание абразивно-канатными пилами);

3) проводят мероприятия по обеспечению строповки отпиленных объектов (сверление и заливка самотвердеющим составом грузоподъемных элементов);

4) транспортируют отпиленные блоки на сортировочную площадку и дальше на место переработки в стационарных условиях или на место хранения.

На всех операциях проводят мероприятия по ядерной безопасности и обеспыливанию.

Для разборки завала, например, реакторного зала IV энергоблока ЧАЭС, по предлагаемой технологии должны быть выполнены следующие операции:

1) разведка поверхности завала и помещений;

2) уборка кусков топлива и ТСМ, лежащих на поверхности;

3) проведение мероприятий по борьбе с возможными обрушениями;

4) уборка свободно лежащих на поверхности завала объектов, транспортировка их на сортировочную площадку;

5) "приглаживание" завала (разрушение, срезание и уборка резко выступающих объектов);

6) удаление неразрушенных (не полностью разрушенных) строительных конструкций;

7) разведочное бурение в толщу завала, проведение радиационной и другой разведки в толще завала;

8) зонирование (разбивка на зоны) завала по способам разрезания на блоки и выемки; разметка полей по оптимальной для принятой технологии конфигурации;

9) разработка схем отработки каждого поля и технологии отработки;

принимаются решения о порядке омоноличивания участков, о глубине омоноличивания, принимается схема строповки;

10) омоноличивание участков завала;

11) засверливание отверстий для размещения рабочих органов абразивно-канатных пил и грузоподъемных элементов;

12) закладывание грузоподъемных элементов и заливание их самотвердеющим раствором;

13) вырезание блоков с помощью абразивно-канатных пил;

14) транспортировка блоков на сортировочную площадку и дальше - на переработку в стационарных условиях или на хранение.

Предполагается, что разборка идет сверху, под специальным накрытием при наличии грузоподъемных средств (Укрытие-2 или Док-кессон, предложенный ГКБ "Южное").

При разведке поверхности завала и помещений должны быть выявлены: крупные выступающие элементы конструкций, свободно лежащие на поверхности блоки, торчащие металлоконструкции, обрывки арматуры, наплывы "лавы", слежавшиеся или сплавленные сыпучие материалы и т.д.; характеристики элементов поверхности: материалы, из которых они состоят, прочностные характеристики, их состояние, вес или удельный вес, геометрические характеристики, место нахождения, устойчивость на месте, влияние на окружающие элементы; зоны возможных обрушений завала, перемещений элементов; состояние строительных конструкций, их несущая способность, наличие трещин, нарушений; неустойчивые, способные обрушиться строительные конструкции; наличие пыли, особенно сильно активной, зоны ее скопления; наличие и расположение зон повышенной радиоактивности; отдельные наиболее активные объекты; отдельно лежащие куски (частицы) топлива.

Мероприятия по борьбе с пылью могут включать: отсос пыли специальными пылесосами, возможно, с различными насадками и манипуляторами для их подачи; распыление специальных пылесвязывающих жидкостей.

В мероприятиях по борьбе с возможными обрушениями предусматриваются следующие операции:

укрепить стены, перекрытия, элементы конструкции, которые могут обрушиться при проведении работ;

закрепить путем поверхностного омоноличивания крупные склоны, неустойчиво лежащие на выступах, склонах, стенах элементы, образования, насыпи;

обрушить не подлежащие укреплению стены, перекрытия, обеспечив безопасность техническими средствами.

Разведочное бурение в толщу завала с отбором керна может проводиться с помощью создаваемого в НИПИОкеанмаше автоматизированного бурового станка (см. статью в настоящем сборнике).

После выделения зоны завала, в которой будет проводиться крупноблочная выемка, проводится омоноличивание этой зоны.

До начала омоноличивания выполняют следующие работы:

1) выделяют блоки, которые будут вырезаны одной абразивно-канатной пилой (методика вырезки блоков разрабатывается отдельно);

2) принимают решение по схеме строповки, подъема и транспортировки вырезанного блока;

3) на основании данных разведки и схемы вырезки принимают решение о глубине омоноличивания в соответствии с методикой, которая разрабатывается заранее;

4) проводят тестирование каждого блока на степень проникновения специального цементно-коллоидного раствора - по методике, которая разрабатывается заранее;

5) по результатам тестирования для каждого блока готовят специальный цементно-коллоидный раствор (возможно, состав другого типа) заданной консистенции с заданными свойствами.

С помощью специальных технических средств по заранее разработанной методике подают цементно-коллоидный раствор, в результате чего блок пропитывается на заданную глубину. Дают время на застывание раствора.

Проводят подготовительные мероприятия по строповке и подъему вырезанного блока: сверление под специальные грузоподъемные элементы, их закладка и фиксация (заливкой самотвердеющим составом или другим способом).

Вырезку омоноличенных блоков осуществляют специальными абразивно-канатными пилами. Технические средства для выполнения этой операции проработаны в НИПИОкеанмаше. Для этих целей может быть использована также установка канатно-абразивной резки, описанная в настоящей статье ниже.

В новой технологии сочетается высокая производительность разборки крупными блоками с обеспечением ядерной и радиационной безопасности, что достигается омоноличиванием разбираемого завала и проведением мероприятий по пылеподавлению. Переработка крупных блоков, вынутых из завала, в стационарных условиях может производиться с использованием высокопроизводительной техники, размеры и мощности которой, в отличие от дистанционно-управляемых агрегатов, используемых в помещениях, не ограничиваются.

### 3. Проблемы кабельного электроснабжения дистанционно управляемых агрегатов

Дистанционно-управляемые агрегаты (ДУА), предназначенные для разрушения и удаления топливосодержащих масс (ТСМ), должны иметь достаточно высокую энерговооруженность, работать под нагрузкой длительное время при большом удалении от исходной позиции, как правило, в зоне, недоступной для человека. Надежное энергообеспечение ДУА и дистанционное управление ими может осуществляться только по кабельным линиям. Для реализации кабельного электроснабжения и управления необходимо решение ряда сложных проблем [1,2].

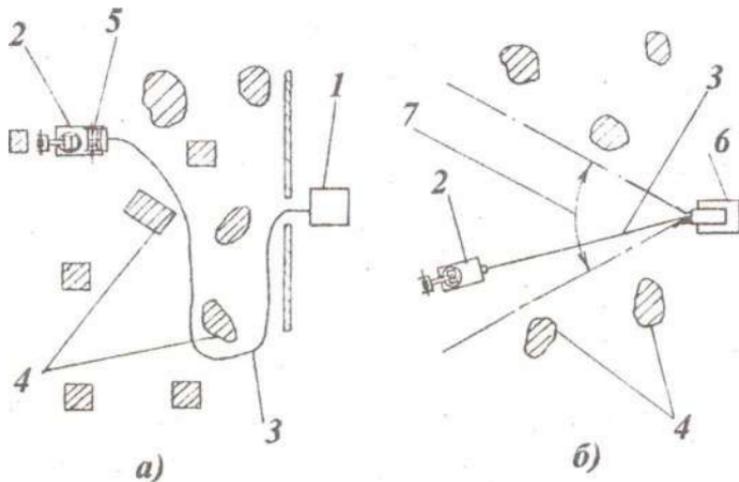
Основные из них:

- разработка принципов кабельного электроснабжения и управления по кабелям комплексов одновременно работающих машин;
- передача электроэнергии и сигналов управления, телеметрии и телевидения по кабелям при движении агрегата и вращении барабана кабельной лебедки агрегата;
- выкладка кабеля на почву и подбор кабеля при обратном движении агрегата - при любой траектории движения;
- дистанционная электрическая стыковка агрегатов с источником питания и передачи сигналов управления.

При перемещении ДУА на относительно большие расстояния прокладка и подбор кабеля должны осуществляться без волочения кабеля, путем выкладки его на почву по трассе движения и подборки с почвы без натяжения. Только такой способ прокладки кабеля может обеспечить безаварийное перемещение ДУА и сохранность кабеля. При этом следует учитывать, что траектория движения ДУА может быть сложной, зигзагообразной, в непредсказуемых условиях загроможденных помещений. Такое условие выкладки и подбора кабеля требует установки кабельной лебедки на подвижном агрегате (рис.3.1,а).

Только в некоторых зонах, в которых отсутствуют препятствия (и, следовательно, необходимость их огибания при движении) ДУА может быть подключен к стационарно установленной кабельной лебедке (рис.3.1,б).

Лебедка кабельная стационарная (ЛКС) должна автоматически выдавать и принимать кабель синхронно движению агрегата с подачей электропитания и сигналов управления телевидения и контроля при вращении барабана.



1 - стационарная колонка связи; 2 - ДУА; 3 - кабель (на рис. а - это же трасса движения ДУА); 4 - препятствия; 5 - ЛКГ; 6 - ЛКС; 7- зона с отсутствием препятствий

Рис.3.1. Схемы кабельного электроснабжения и управления по кабелям без ПКС: а) с использованием ЛКГ, установленной на ДУА; б) с использованием ЛКС

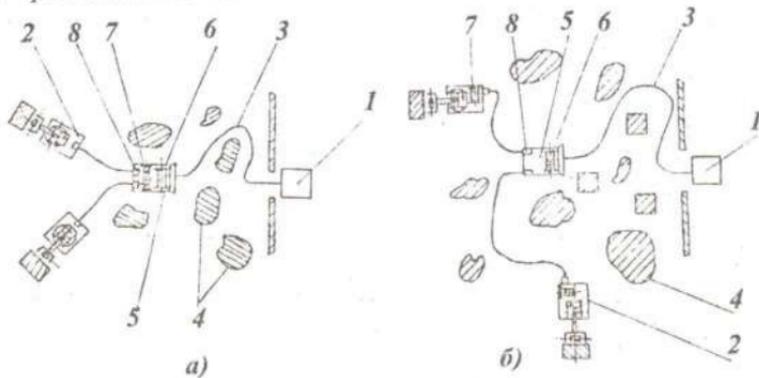
Следует отметить, что дистанционная выкладка и подборка легкого кабеля без натяжения с подвижного агрегата без участия или при минимальном участии оператора является сложной технической проблемой. Кроме того, установка кабельной лебедки на подвижном ДУА затруднена из-за жестких ограничений по габаритам.

Последняя проблема решается путем создания специального ДУА - подвижной колонки связи (ПКС) с установкой на ней (рис.3.2) кабельной лебедки (назовем ее лебедкой кабельной главной, ЛКГ).

В зоне проведения работ к ПКС могут подключаться два-три ДУА короткими (10 - 15 м) отрезками кабеля, которые обеспечивают маневр ДУА в зоне работ. Эти кабели должны размещаться на отдельных маневровых кабельных лебедках, которые могут быть установлены на ДУА (рис.3.2,а) или, в случае невозможности из-за габаритов, на ПКС (рис.3.2,б). В последнем случае, в связи с небольшой длиной кабеля, волочение кабеля при движении ДУА можно допустить.

Маневровая кабельная лебедка должна отвечать тем же требованиям, что и главная. А в случае установки ее на ПКС она должна

обеспечивать выдачу и приемку кабеля с заданным усилием в автоматизированном режиме синхронно движению ДУА, т.е., отвечать тем же требованиям, что и ЛКС.



1 - стационарная колонка связи; 2 - ДУА; 3 - кабель (трасса движения ПКС); 4 - препятствия; 5 - ПКС; 6 - ЛКГ; 7 - ЛКМ; 8 - устройство дистанционной электрической стыковки

Рис.3.2. Схема кабельного электроснабжения и управления по кабелям с использованием ПКС: а) ЛКМ установлены на ДУА; б) ЛКМ установлены на ПКС

Главная лебедка и ПКС, на которой она установлена, должны обеспечивать, кроме того, выкладку кабеля на почву в стороне от трассы постоянного движения ДУА - слева или справа, по желанию оператора. Обязательным условием является обеспечение возможности дистанционной электрической стыковки или расстыковки ДУА с ПКС. Для этой цели на ПКС устанавливается устройство дистанционной стыковки (рис.3.2).

При реализации таких принципов прокладки кабелей и при выполнении названных требований к техническим средствам обеспечивается последовательная проводка нескольких ДУА в зону работ в связке с ПКС, дистанционное подключение их к ПКС, работа нескольких ДУА от одной ПКС.

Отдельные виды ДУА (например, агрегат разведки) могут стыковаться с ПКС, но нести на себе лебедку по типу ЛКГ с большой длиной кабеля, с возможностью выкладки и подборки его без натяжения. При движении ДУА и вращении барабана лебедки по кабелю должно постоянно подаваться электропитание и должны проходить слаботочные сигналы управления, телеметрии, телевидения. Если

передача электропитания при вращении барабана может быть осуществлена через кольцевые токосъемники, то для передачи без помех слабых сигналов управления, телеметрии и телевидения необходимо создание специальных устройств бесконтактной передачи сигналов.

В связи с жесткими ограничениями по габаритам и относительно большими длинами кабелей (особенно в агрегате разведки) использование существующих схем таких устройств практически невозможно.

В НИПИОкеанмаше исследованы вопросы электроснабжения ДУА и управления ими по кабельным линиям, выполнены новые разработки [1,2] полностью решающие названные проблемы. Изготовлены и испытаны экспериментальные образцы отдельных устройств.

В составе комплекса проходческого дистанционно управляемого аппарата, разработанного ГKB "Южное" в кооперации с другими организациями, в НИПИОкеанмаше создана лебедка кабельная стационарная (экспериментальный образец). Конструкция базируется на новых технических решениях. Лебедка успешно прошла испытания на полигоне ГKB "Южное" и вместе с комплексом передана ЧАЭС для проведения дальнейших работ.

#### **4. Кабельная лебедка для подвижного дистанционно-управляемого агрегата**

Для обеспечения сохранности кабеля при перемещении дистанционно управляемого агрегата по произвольной траектории кабельная лебедка должна быть установлена на подвижном агрегате [1,2]. Это может быть функциональный ДУА или ДУА - подвижная колонка связи (ПКС), с которой на месте работы могут быть связаны электрически два-три функциональных ДУА (см. раздел 3 настоящей статьи).

При этом должна быть обеспечена выдача кабеля с лебедки и укладка его на почву без натяжения и скольжения по почве при движении ДУА с переменной скоростью по любой, осуществимой выбранным шасси, траектории. С выполнением таких же требований должна осуществляться подборка кабеля при движении ДУА в обратном направлении. Если подборка кабеля может быть осуществлена навивкой его на барабан лебедки, то для выдачи его с переменной скоростью лебедка должна быть оборудована специальным устройством с приводом.

При этом скорость выдачи и приема кабеля должна быть согласована со скоростью движения ДУА. Должна быть обеспечена возможность укладки кабеля в стороне от проезжей части.

Лебедка должна иметь устройства для передачи электроэнергии и сигналов управления, контроля и телевидения при вращении барабана, то есть при движении ДУА. Передача электропитания может осуществляться с помощью токосъемника, встроенного в барабан. Однако, передача сигналов управления в связи с возможностью возникновения помех, использованием волоконно-оптических проводников, с помощью контактных токосъемников невозможна. Должны быть обеспечены минимальные габариты лебедки, ее длина не должна превышать ширины шасси.

В связи с предполагаемой многослойностью навивки кабеля (большая длина кабеля при малых габаритах лебедки) лебедка должна быть оборудована устройством упорядоченной укладки кабеля (кабелеукладчиком).

Радиус изгиба кабеля должен быть не менее допустимого. Привод барабана и устройство выдачи кабеля должны позволять регулирование скорости выдачи и навивки кабеля. Количество приводов должно быть минимальным.

Приводы должны позволять развивать в кабеле усилия, достаточные для его выкладки и навивки, обеспечить пиковые разовые напряжения кабеля в нестандартных ситуациях (снятие с зацепа и др.), но не допускать его порыва.

Конструкция лебедки должна обеспечивать ее быструю разборку и сборку для обслуживания, быстрое и удобное проведение дезактивации.

Для выполнения названных требований лебедка должна включать, как минимум, следующие составные части: блок выдачи и укладки кабеля, привод, устройство бесконтактной передачи сигналов, токосъемник, блок отслеживания движения кабеля.

Блок выдачи и укладки кабеля, исходя из требований к лебедке, должен обеспечивать: упорядоченную укладку кабеля на барабан; выдачу кабеля из лебедки путем принудительного сматывания его с барабана. Этот блок, исходя из требований к нему, включает в себя кабелеукладчик и устройство выдачи кабеля.

Так как зоной выхода кабеля из лебедки является кабелеукладчик, каретка которого возвратно поступательно перемещается вдоль барабана, устройство выдачи кабеля должно быть установлено на

этой же каретке и вместе с кабелеукладчиком составлять единый блок. Устройство выдачи кабелей (УВК) может быть гусеничным или роликовым [4]. Учитывая небольшие усилия подачи кабеля, требования к минимальным габаритам лебедки, более приемлемым для лебедки является роликовый вариант.

Из требований к лебедке вытекают следующие требования к УВК:

- 1) минимальные габариты;
- 2) скорость выдачи кабеля регулируемая;
- 3) футеровка материалами с максимальным коэффициентом трения по поверхности кабеля (требования к кабелю должны включать это условие);
- 4) обеспечение усилия в кабеле, не выше допустимого.

При заданных усилиях в кабеле и коэффициентах трения усилие прижатия роликов несложно обеспечивается простыми средствами, например, пружинами, что не требует сложной конструкции и больших габаритов.

Сечение кабеля может отклоняться от его номинального значения за счет естественного допуска на изготовление, потери формы в сечении в процессе эксплуатации, однако это не будет влиять на работу при упругом пружинном прижатии.

Кабелеукладчик в связи с необходимостью многослойной навивки кабеля на барабан должен обеспечивать его упорядоченную укладку в каждом слое.

Наиболее сложный вопрос при создании кабелеукладчиков - организация реверса каретки с ведущими кабель роликами при переходе на новый слой навивки кабеля.

Из большого множества способов реверса каретки наиболее подходящим по своей компактности является способ с использованием винта с двойной (левой и правой одновременно) резьбой, в витках которой помещен зацеп, установленный в каретке с возможностью его поворота [5]. Однако, применение такого кабелеукладчика может создать проблемы в части надежности в связи с тем, что каретка ведется зацепом по впадине винта (а не гайкой), что при отсутствии смазки и наличии абразивной пыли может привести к повышенному износу зацепа и винта и отказу в работе. Разработан новый вид кабелеукладчика с парой винт-гайка и двойным приводом от барабана к винту: звездочки - цепь и шестерни с внешним зацеплением [6].

Схема кабелеукладчика (КУ) представлена на рис.4.1. Основными элементами КУ являются винт 1 и гайка 2, установленная в каретке 3. Звездочка 4 и шестерня 5, свободно сидящая на винте, находятся в постоянном за-

цеплении со звездочкой (через цепь) и шестерней барабана. С помощью шариков 6 то звездочка, то шестерня могут соединяться с винтом, обеспечивая реверс каретки 2 с роликами 7 для укладки кабеля. Это достигается тем, что при движении каретки она через упор 8 стакана 9 сжимает пружину 10; при наезде каретки упором 11 на скос защелки 12, последняя поднимается. Шток 13 освобождается и пружиной перебрасывается влево или вправо, в результате чего скосами штока шарик загоняется в отверстие звездочки или шестерни, жестко соединяя поочередно каждую из них с винтом, обеспечивая реверс винта.

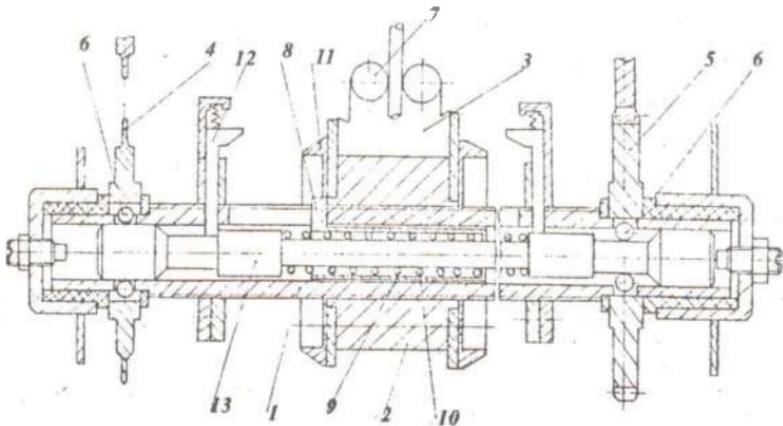


Рис.4.1. Схема кабелеукладчика

Такая схема кабелеукладчика позволяет выполнить все предъявляемые к нему требования. Его основные механизмы реверса смонтированы в винте, обеспечивая минимальные габариты. Ролики УВК, будучи установленными на каретке кабелеукладчика, выполняют одновременно функции укладки кабеля на барабан. Для привода приводного ролика УВК необходимо использовать приводной вал со шпонкой или шпоночным пазом по всей длине, что не представляет принципиальных сложностей. Привод лебедки должен приводить во вращение барабан, приводной ролик устройства выдачи кабеля, винт кабелеукладчика. Исходя из требования минимизации оборудования, рассмотрим возможность использования единого привода для названных устройств. Движение кабелеукладчика должно быть синхронизировано с вращением барабана, по этим причинам, вращение винта кабелеукладчика может быть осуществлено от барабана лебедки и отдельного привода не понадобится. Так поступают в большинстве конструкций лебедок с кабелеукладчиком.

Приводной же ролик устройства выдачи кабеля должен приводиться во вращение в противофазе с барабаном лебедки: если идет навивка кабеля на барабан (барабан соединен с приводом), приводной ролик должен свободно вращаться, пропуская через себя кабель для его навивки на барабан. Если идет выдача кабеля и приводной ролик УВК соединен с приводом и выдает кабель, барабан отсоединен от привода и свободно вращается под действием сматываемого с него кабеля. Такое переключение должно осуществляться автоматически.

Для организации единого для этих систем привода с выполнением указанных условий необходимо принципиально новое решение.

Такое решение найдено [7], оно представлено на рис.4.2. Мотор-редуктор 1 с регулированием числа оборотов имеет звездочку 2, которая единой цепью 3 соединена кинематически со звездочкой барабана 4 и звездочкой приводного ролика 5. При этом звездочки 4 и 5 связаны с барабаном 6 и приводным роликом 7 соответственно через обгонные муфты 8 и 9, правую и левую. Муфта 8 барабана при вращении звездочки 2 движется по часовой стрелке, передает вращение барабану 6 также по часовой стрелке - идет навивка кабеля. Муфта 9 при таком движении цепи проскальзывает и приводной 7 и прижимной 11 ролики свободно вращаются, увлекаемые кабелем 10.

При вращении звездочки 2 двигателя против часовой стрелки это ее вращение цепью 3 через обгонную муфту 9 передается приводному ролику 7, также против часовой стрелки. Кабель 10, увлекаемый роликом 7 при свободном вращении прижатого к нему ролика 11, выдается из лебедки, сматываясь с барабана 6, который свободно вращается при проскальзывании обгонной муфты 8.

Вращение на винт 12 кабелеукладчика передается цепью 13 от звездочки 14, жестко закрепленной на барабане, на звездочку 15, сидящую на винте 12 кабелеукладчика.

Следует иметь в виду, что при сматывании кабеля 10 с барабана 6 последний, в связи с многослойной навивкой кабеля, вращается с переменной угловой скоростью. Эта скорость, определяемая скоростью сматывания кабеля с барабана и диаметром навивки, может быть больше угловой скорости звездочки 4 от цепи 3.

В таком случае обгонная муфта 8 может начать передавать момент от барабана к звездочке 4 и дальше на привод, что может привести, например, к увеличенным нагрузкам на кабель или разрыву кабеля.

Для исключения этого в конструкции обгонных муфт следует предусмотреть постоянное подтормаживание сепаратора, удерживающего ролики. Рассмотренное техническое решение по приводу позволяет выполнить все требования к нему, ограничившись использованием одного двигателя.

Устройство бесконтактной передачи сигналов (УБПС), приемлемое для ДУА, должно отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать передачу без искажения сигналов управления, контроля и телевидения при вращении барабана лебедки;
- быть по габаритам и конструкции таким, чтобы разместиться в барабане ЛКГ;
- обеспечивать столько оборотов барабана лебедки, сколько необходимо для навивки на барабан и сматывания с него заданной длины кабеля;
- не создавать помех в каналах систем управления, контроля и телевидения.

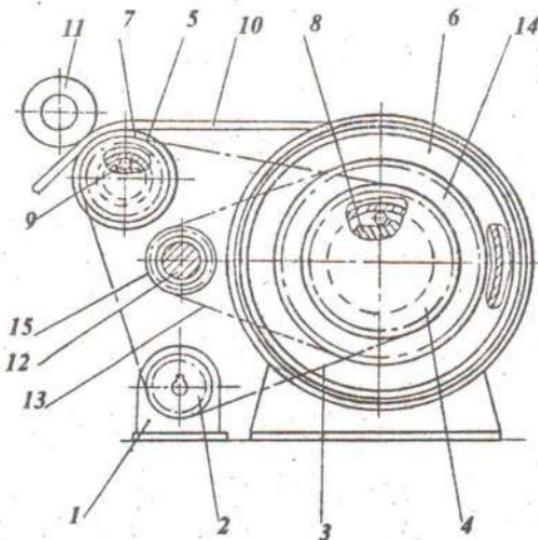


Рис.4.2. Схема привода ЛКГ

Поиск путей решения вопроса передачи электроэнергии к подвижной установке электроснабжения может проводиться как в направлении выбора или создания надежных токоъемников, так и в направлении создания устройств бесконтактной передачи электроэнергии. Последнее более перспективно, особенно с учетом волоконно-оптических линий связи. Известны конструкции устройства бесконтактной передачи электроэнергии (см. например [11], а.с. СССР, МКИ Н 02 11/02: №767886, 758334, 682975, 655003, 754544, 570141, 516137), в которых используются различного вида барабанные устройства внутри основного барабана с кабелем.

Такие конструкции из-за жестких ограничений габаритов ДУА и, соответственно, барабанов лебедок, достаточно большого диаметра

кабеля, применить для ДУА, работающих внутри помещений, практически невозможно.

Более приемлемая конструкция на базе ленточных кабелей в виде специальной пружины приведена в заявке Японии [8]. Однако, эта конструкция в имеющихся габаритах не позволяет обеспечить необходимого числа оборотов барабана для полного сматывания кабеля. Кроме того, эта конструкция требует создания специального ленточного кабеля с пружиной внутри. Для решения поставленных при создании кабельных лебедок задач разработан принципиально новый вариант УБПС, отвечающий всем изложенным выше требованиям [9].

Основным элементом УБПС новой конструкции (рис.4.3.) является гибкий ленточный многожильный кабель 1 в паре со спиральной пружиной 2, расположенные по спирали внутри барабана 3 лебедки между внутренним 4 и внешним 5 барабанами. Концы кабеля 1 закреплены на внутреннем 4 и внешнем 5 барабанах и подключены соответственно к кабелю 6, навитому на барабан 3, и проводнику, подключенному к распределительной коробке на лебедке.

При вращении барабана 3 с кабелем 6 ленточный кабель 1 вместе со спиральной пружиной 2 навивается на внутренний барабан 4 или укладывается во внешний барабан 5, обеспечивая вращение барабана 3 с кабелем на некоторое число оборотов с сохранением без разрыва и скользящего контакта электрической цепи: кабель 6 - кабель 1 - проводник - распределительная коробка.

Для увеличения числа оборотов барабана УБПС на базе кабеля-пружины может быть выполнено многоэлементным. При этом внутренние барабаны 4 от первого до предпоследнего жестко соединены с внешними барабанами 4 от второго до последнего, первый внешний барабан 5 жестко соединен с барабаном 3, а последний внутренний барабан 4 жестко соединен с осью 7 барабана 3 (см. рис. 4.3,а.). Остальные внутренние барабаны 4 посажены с возможностью вращения на неподвижной оси 7, а барабаны 5 - с возможностью вращения в барабане 3.

При такой конструкции при вращении барабана 3 вовлекаются во вращение через спиральные пружины 2 внутренние барабаны 4 и внешние 5, соединенные между собой. Барабан 3 может вращаться (и сматывать или навивать кабель) до тех пор, пока все ленточные кабели 1 с пружинами 2 не будут переложены из барабанов 4 на барабаны 5 или наоборот.

Блок отслеживания движения кабеля (БОД) в лебедке имеет две функции: выкладывать кабель в нужном месте в полосе по движению ПКС (как правило, в стороне от проезжей части); отслеживать выкладку кабеля на почву, предотвращая его натяжение и прослабление больше допустимых величин.

При движении агрегата вперед кабель принудительно сматывается с барабана лебедки с помощью приводного ролика УВК (см.

выше). При этом с помощью автоматизированной системы управления скорость выдачи кабеля согласуется со скоростью движения агрегата. Периодически возникающие рассогласования приводят к недопустимому (в смысле его нормальной выкладки на почву) натяжению или прослаблению кабеля, что должно отслеживаться БОД с передачей соответствующего сигнала в систему управления.

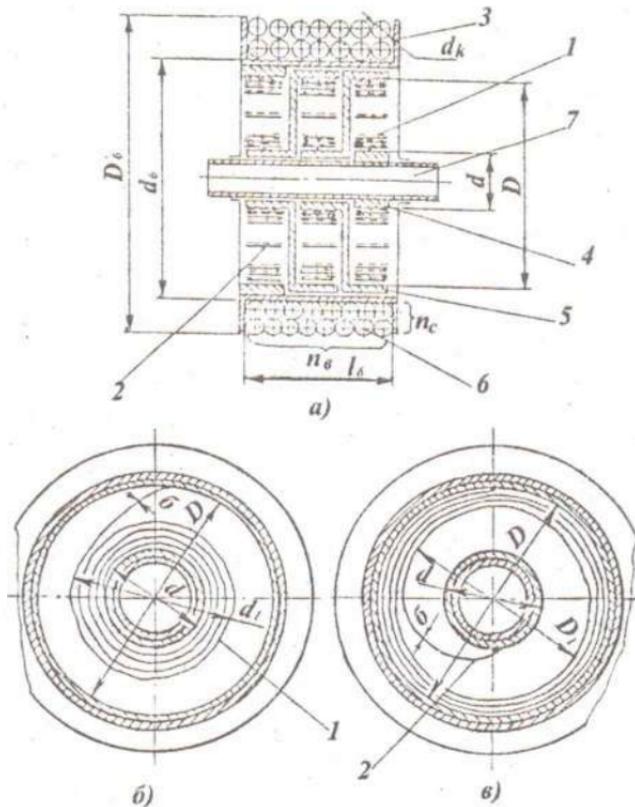


Рис.4.3. Схема УВПС: а) барабан с кабелем, ленточным кабелем и пружиной; б) ленточный кабель и пружина навиты на внутреннем барабане; в) ленточный кабель и пружина уложены во внутрь внешнего барабана

Следует иметь в виду, что точка выхода кабеля барабана (ролики УВК) перемещается вместе с кареткой кабелеукладчика, вдоль барабана, а точка выхода кабеля из лебедки на почву должна переме-

щаться поперек агрегата для выкладки кабеля в полосе его движения. Причем эти перемещения не связаны между собой.

Изложенное позволяет сформулировать следующие требования к БОД:

- 1) обеспечивать подачу кабеля от точки выхода из роликов УВК до точки выдачи его на почву при несогласованном движении этих точек с обеспечением радиуса изгиба, не меньше минимально допустимого;
- 2) обеспечивать выкладку кабеля на почву в нужном по команде оператора месте по ходу движения агрегата;
- 3) обеспечивать подачу сигнала в систему управления в крайних положениях кабеля.

Поставленным требованиям удовлетворяет схема БОД, представленная на рис. 4.4:

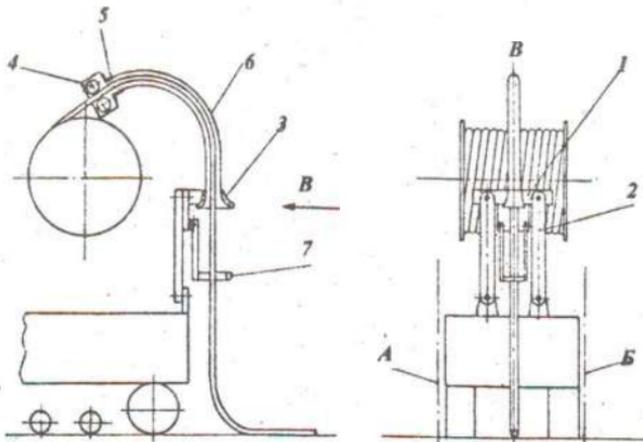


Рис. 4.4. Схема блока отслеживания движения кабеля: А, Б – крайние положения кабеля

Кабель выкладывается на почву вертикально вниз, что обеспечивает наилучшие условия отслеживания его крайних отклонений. Для выдачи кабеля на панели 1, связанной с корпусом лебедки параллелограммным механизмом 2, установлена фильера 3 с вертикальной осью. На выходе с роликов 4 УВК установлена фильера 5. Обе фильеры связаны между собой направляющей гибкой (пластмассовой) трубкой 6. Параллелограммный механизм 2 имеет привод от мотор-редуктора и пары винт-гайка. На панели 1 шарнирно установлена рамка 7 с датчиком конечного положения.

Кабель из барабана лебедки проходит через ролики 4, фильеру 5, трубку 6, фильеру 3 и рамку 7, вертикально опускаясь на почву. Гибкий трубопровод позволяет фильерам 5 и 3 перемещаться друг относительно друга и выдавать кабель с помощью роликов 4 из лебедки на почву.

Параллелограммное устройство с помощью привода перемещает фильеру 3 поперек движения агрегата, обеспечивая выкладку кабеля на почву в нужном месте. Отклонение кабеля в крайнее положение отслеживается рамкой 7, с которой связаны датчики конечного положения.

Внутренние полости лебедки должны быть герметизированы с целью исключения попадания в них радиоактивных материалов и упрощения дезактивации.

Что касается очистки кабеля от налипающих материалов, которые могут быть радиоактивными, то возможны три пути решения вопроса:

1) барабан с кабелем оставить открытым с тем, чтобы очистку кабеля и барабана и их дезактивацию проводить с помощью специальных технологических устройств после возвращения к месту дезактивации;

2) барабан герметизировать, проводить пассивную очистку кабеля при каждой навивке кабеля (щетками или др. устройствами);

3) барабан герметизировать, проводить активную (вращающимися щетками с отсасыванием и фильтрацией продуктов очистки) очистку кабеля при каждой навивке его на барабан.

### 5. Лебедка кабельная стационарная

В случаях, когда рабочее пространство, в котором используется дистанционно-управляемый агрегат не загромождено (отсутствует оборудование, нет завалов, и т.п.), помещение имеет в плане простую конфигурацию (без глубоких ниш и выступов), целесообразно кабельную лебедку, питающую ДУА, устанавливать не на агрегате, а стационарно на периферии рабочей зоны (см. раздел 3 настоящей статьи).

Такая лебедка (лебедка кабельная стационарная - ЛКС) (рис.3.1) будет всегда связана кабелем с ДУА по кратчайшей линии, т.е. кабельная трасса будет в плане прямой.

При этом ЛКС должна обеспечивать:

1) навивку (подбор с поверхности) и принудительную (путем вытягивания кабеля питаемым ДУА) выдачу кабеля с тарированным (заранее настроенным, отрегулированным) усилием;

2) автоматическое согласование выдачи и навивки кабеля со скоростью и направлением движения питаемого агрегата;

3) бесконтактную передачу слаботочных электрических сигналов (управления, контроля, телевидения, в том числе и при вращении барабана);

4) передачу электроэнергии для питания ДУА через токосъемник;

5) упорядоченную укладку кабеля на барабан;

7) защиту механизмов лебедки от попадания в них посторонних предметов, грязи и пыли;

8) быструю разборку на отдельные узлы для ремонта, очистки и дезактивации.

Размеры помещений, в которых предполагается производить работы с использованием ЛКС, невелики и для проникновения ДУА в любую их точку вполне достаточно 10-15 метров кабеля. В противном случае должна применяться лебедка, устанавливаемая на ДУА. Лебедка кабельная главная - ЛКГ (см. раздел 4 настоящей статьи).

Из вышеперечисленных требований некоторые, а именно требования по п.п. 3, 4, 5, нашли воплощение в описанной выше ЛКГ.

Эти решения могут быть применены и для ЛКС. В частности, требования по п.п.3 и 4 обеспечиваются устройством бесконтактной передачи сигналов (УБПС), которое может быть аналогичным примененному в лебедке ЛКГ, но может иметь всего одну спираль, длины которой достаточно для выдачи-намотки 15 метров кабеля. Кабель длиной 15 метров, даже при небольших габаритах лебедки, можно легко разместить на барабане в один слой, что значительно упрощает его укладку.

Для укладки кабеля может быть использован простой кабелеукладчик с перемещением парой винт-гайка и сменой направления движения при реверсе привода, что неизбежно производится после полного заполнения барабана кабелем или полного его сматывания с барабана.

Наиболее сложным вопросом является автоматическое согласование выдачи и намотки кабеля со скоростью и направлением движения ДУА. При движении ДУА от лебедки кабель должен сматываться с барабана со скоростью движения ДУА. При движении ДУА к лебедке кабель должен наматываться на барабан со скоростью движения ДУА. При остановке ДУА барабан должен останавливаться. Во всех случаях натяжение кабеля должно сохраняться постоянным, заданным настройкой соответствующего устройства лебедки.

Выполнение названных требований потребовало поиска новых решений, которые реализованы в оригинальном блоке отслеживания движения кабеля, установленном на лебедке. При движении ДУА от лебедки кабель принудительно сматывается с барабана 4 движущимся агрегатом. При этом от усилия натяжения кабеля приводится в движение барабан и кинематически связанное с барабаном устройство выдачи и укладки кабеля УВК 5 с кабелеукладчиком. Усилие в кабеле в таком случае определяется потерями в кинематических цепях барабана и кабелеукладчика. Это усилие неуправляемо и в общем

случае может быть выше допустимого. Для исключения такого положения при движении ДУА от лебедки блок отслеживания движения кабеля берет на себя преодоление части потерь в кинематических цепях барабана и кабелеукладчика, что обеспечивается соответствующей настройкой. Таким образом обеспечивается заданное усилие при сматывании кабеля с барабана.

При движении ДУА к лебедке привод лебедки автоматически включается на наматывание кабеля. При этом блок отслеживания движения кабеля автоматически согласует скорость движения кабеля со скоростью перемещения агрегата к лебедке, обеспечивая при этом заданное усилие натяжения кабеля.

Следует подчеркнуть, что оператор дистанционно управляет только агрегатом, лебедка управляется автоматически с помощью сигналов управления, поступающих на ДУА. Лебедка имеет блок ручного управления, который используется только при ее обслуживании. Вход кабеля в лебедку и выход из нее осуществляется через съемный раструб, установленный на УВК. Это позволяет выдавать и принимать кабель в некотором секторе, в котором может работать ДУА (рис.3.1,б). Лебедка сконструирована на салазках из отдельных легко демонтируемых блоков, имеет легко съемные кожухи с уплотнениями, предохраняемыми от попадания грязи и пыли в механизмы, имеет блок очистки кабеля при входе в лебедку.

Экспериментальный образец ЛКС испытан в комплексе с ДУА на полигоне в ГКБ "Южное" и передан на ЧАЭС для использования.

#### **6. Выбор оптимальных параметров кабельной лебедки с новым устройством бесконтактной передачи сигналов**

Для малогабаритных дистанционно-управляемых агрегатов (ДУА), предназначенных для работы внутри объекта "Укрытие" или в аналогичных условиях, разработаны специальные устройства [9] бесконтактной передачи сигналов (УБПС) новой конструкции (см. раздел 4 настоящей статьи рис.4.3).

Устройство бесконтактной передачи сигналов вмонтировано внутрь барабана, на который навивается кабель. УБПС может обеспечить, в зависимости от занимаемого им объема при определенных параметрах его элементов, определенное число оборотов барабана лебедки. Этим числом оборотов при выбранных параметрах барабана лебедки и кабеля определяется фактически длина кабеля, которая должна быть навита на барабан.

Таким образом, главный показатель лебедки - длина навитого на барабан кабеля, определяет объем, оставленный в барабане на размещение УБПС, а этот объем, в свою очередь, определяет используемую длину кабеля.

Такая зависимость ставит задачу оптимизации параметров барабана и УБПС с тем, чтобы при заданных или выбранных условиях обеспечить максимальную используемую кабелеемкость лебедки.

Рассмотрим зависимости, которые могут быть использованы для выбора оптимальных параметров барабана лебедки и УБПС.

Примем обозначения (см.рис.4.3):

$L_k$  - теоретическая длина навитого на барабан кабеля;

$D_6$  - наружный диаметр барабана лебедки (наружный диаметр навивки);

$d_6$  - внутренний диаметр барабана лебедки;

$n_b$  - количество витков кабеля на барабане;

$n_c$  - количество слоев кабеля на барабане;

$d_k$  - диаметр кабеля;

$D$  - диаметр внешнего цилиндра УБПС;

$L$  - теоретическая длина ленточного кабеля;

$L_c$  - суммарная теоретическая длина ленточного кабеля  $k$  элементов;

$d$  - диаметр внутреннего цилиндра УБПС;

$n_1$  - число витков плоского кабеля при его навивке на внутренний цилиндр УБПС;

$n_2$  - число витков плоского кабеля при его укладке во внешний цилиндр УБПС;

$n$  - количество оборотов внешнего цилиндра относительно внутреннего и наоборот до полной перенавивки (переукладки) ленточного кабеля с одного на другой для одной пары цилиндров или количество оборотов барабана лебедки, которое обеспечивает одна пара цилиндров (один элемент) УБПС;

$l_{\sigma}$  - длина барабана между ребордами;

$k$  - количество элементов (пар внутренних и внешних цилиндров) УБПС;

$\delta_{лк}$  - толщина ленточного кабеля;

$\delta_n$  - толщина листа плоской спиральной пружины;

$c = 1,05-1,1$  - коэффициент, учитывающий неплотность навивки (укладки) ленточного кабеля (с плоской спиральной пружины);

- $\delta$  - приведенная суммарная толщина ленточного кабеля и плоской спиральной пружины (с учетом с- см. выше);  
 $v$  - максимальная ширина барабана для навивки (укладки) ленточного кабеля;  
 $v_{лк}$  - ширина ленточного плоского кабеля;  
 $\ell'_6$  - ширина внутренней полости барабана, в которой размещаются элементы УБПС;

Соответствующие безразмерные параметры:

$$\bar{L}_c = \frac{L_c}{d_c}; \bar{D}_c = \frac{D_c}{d_c}; \bar{d}_c = \frac{d_c}{d_c}; \bar{D}_s = \frac{D_s}{\delta}; \bar{d}_s = \frac{d_s}{\delta}; \bar{d} = \frac{d}{\delta}; \bar{D} = \frac{D}{\delta}; \bar{L} = \frac{L}{\delta}; L_c = k \cdot \bar{L}.$$

Перед началом проектирования кабельные лебедки с УБПС и жесткими ограничениями по габаритам известны (заданы предварительно или выбраны из конструктивных соображений):

$$D, \ell_6, d_k, \delta_{лк}, e, \delta_n, \ell'_6, D, d, v.$$

Может быть выбран коэффициент  $s=1,05-1,1$ , учитывающий неплотность навивки (укладки) на барабанах ленточного кабеля со спиральной пружиной и определена суммарная приведенная толщина  $\delta$  ленточного кабеля со спиральной пружиной:

$$\delta = s (\delta_{лк} + \delta_n). \quad (1)$$

Ставится задача: обеспечить при заданных условиях максимальную длину навиваемого на барабан и сматываемого с барабана кабеля. При этом следует учитывать, что чем большую кабелеемкость барабана мы обеспечим конструктивно, тем меньше места остается для размещения ленточного кабеля УБПС со спиральной пружиной, а это значит, что тем меньше оборотов позволит сделать барабану УБПС, т.е. часть навитого на барабан кабеля нельзя будет использовать.

Оптимизация конструкции кабельной лебедки в этом отношении означает выбор таких ее параметров, с учетом заданных условий (ограничений), которые обеспечили бы навивку на барабан кабеля максимальной длины при полном его использовании (навивке и сматывании) в работе.

Наибольшую сложность представляет выбор такой длины ленточного кабеля УБПС (и, соответственно, спиральной пружины), которая бы обеспечила при заданных (выбранных)  $D, d, \delta$  максимальное число оборотов барабана до переукладки ленточного кабеля с пружиной с внутреннего барабана диаметром  $d$  на наружный диаметром  $D$  или наоборот.

Рассмотрим задачу выбора оптимальной длины ленточного кабеля. Количество оборотов одного из барабанов относительно другого до полной перенавивки (переукладки) плоского кабеля определится как разность

$$n = n_1 - n_2. \quad (2)$$

Длина ленточного кабеля, навитого на внутренний барабан

$$L = \pi (d + \delta n_1) n_1. \quad (3)$$

Та же длина ленточного кабеля, уложенного во внешний барабан

$$L = \pi (D - \delta n_2) n_2. \quad (4)$$

Из (2), (3) и (4) получим выражение для определения числа оборотов, которое допускает один элемент УБПС при заданных параметрах

$$n = (n_1 - \frac{\bar{D}}{2}) + \sqrt{\frac{\bar{D}^2}{4} - n_1 \cdot \bar{d} - n_1^2}. \quad (5)$$

Выражение (5) представляет собой функцию  $n=f(n_1)$ , имеющую максимум. Для выбора такой величины  $n_1$ , которая бы дала максимальное значение  $n$ , следует приравнять к нулю производную  $dn/dn_1$  из выражения (5) и решить полученное уравнение относительно  $n_1$ .

$$\frac{dn}{dn_1} = 1 + \frac{2 \cdot n_1 + \bar{d}}{2 \cdot \sqrt{\frac{\bar{D}^2}{4} - n_1 \cdot \bar{d} - n_1^2}} = 0. \quad (6)$$

Из (6) получим

$$n_1 = \sqrt{\frac{(\bar{D}^2 - \bar{d}^2)}{8}} - \frac{\bar{d}}{2}. \quad (7)$$

Оптимальное число витков  $n_1$  ленточного кабеля, навитого на внутренний барабан одной секции, обеспечивающее максимальное количество оборотов барабана лебедки, определяется из выражения 7. Соответствующая оптимальная длина ленточного кабеля одной секции определяется из выражения (3) при подстановке в него  $n_1$ , полученного из выражения (7).

Оптимальные параметры лебедки при заданных исходных параметрах могут быть определены при решении системы уравнений, включающей соотношение (7) и выражения, полученные при рассмотрении геометрических параметров барабана:

$$\bar{L}^2 = \pi \cdot (\bar{D}_0 - n_c) n_c \cdot n_c; \quad (7)$$

$$\bar{L}_c = \kappa \cdot \pi (\bar{d} + n_1) \cdot n_1; \quad (8)$$

$$n_c \cdot n_c = \kappa n; \quad (9)$$

$$\bar{d}_n = D_0 - n_c; \quad (10)$$

$$k = \frac{\ell_a}{B}; \quad (11)$$

$$n_a = \frac{\ell_a}{d_a}. \quad (12)$$

В результате решения системы определяются параметры:

$$\bar{L}_c, n_c, n_a, \bar{L}_c, k, n_1, n, d_a.$$

При выборе параметров лебедки в указанном порядке будет обеспечена максимально возможная в заданном объеме кабелеемкость лебедки. Определение ряда параметров может быть проведено с использованием метода итераций.

## 7. Устройство дистанционной электрической стыковки агрегатов

Известно, что для безаварийной работы кабельного дистанционно управляемого агрегата (ДУА) в помещениях объекта "Укрытие" или аналогичных условиях кабельная лебедка должна быть установлена на подвижном агрегате [1,2]. Установка кабельной лебедки, на функциональном ДУА, может быть затруднена в связи с жесткими ограничениями по габаритам. В таком случае создается вспомогательный ДУА - подвижная колонка связи (ПКС), на котором устанавливается кабельная лебедка (лебедка кабельная главная, ЛКГ, см. раздел 3 настоящей статьи).

В зоне проведения работ к ПКС могут подключаться два-три ДУА короткими (10-15 м) отрезками кабеля, которые обеспечивают маневр ДУА в зоне работ. Эти кабели должны размещаться на отдельных маневровых кабельных лебедках (ЛКМ), которые должны быть установлены на ДУА. Только в случае невозможности разместить ЛКМ на ДУА из-за ограничений по габаритам ЛКМ могут быть размещены на ПКС.

Для функционирования системы ПКС-ДУА необходимо обеспечить дистанционную электрическую стыковку ДУА (одного или нескольких) с ПКС.

Это связано с тем, что каждый ДУА проводится на место работы в связке с ПКС, дистанционно расстыковывается с ним, и после доставки в зону работ последнего агрегата снова стыкуется с ПКС. Взамен может быть состыкован с ПКС другой ДУА, который в это время необходим в работе. Задачей дистанционной электростыковки является соединение кабельных полумуфт ПКС и рабочего агрегата с

обеспечением передачи силового питания, управленческой, телеметрической и телевизионной информации.

В исходном состоянии рабочий агрегат находится в обесточенном состоянии в рабочей зоне, в общем случае, на площадке с неровным основанием. В связи с этим основные активные действия по обеспечению стыковки возлагаются на ПКС. Считается, что рабочий агрегат находится в таком положении, при котором к нему возможен подход ПКС для выполнения стыковки.

ПКС перед стыковкой может находиться в рабочей зоне или вне ее. Начальный этап сближения при нахождении ПКС вне рабочей зоны выполняется как штатное перемещение агрегата. Завершающий этап сближения отличается от обычного маневрирования в рабочей зоне подготовительным этапом, на котором определяется положение агрегата электроснабжения при стыковке и порядок маневрирования для выхода в это положение.

В связи с неровностями грунта, наличием ограничений в маневрировании агрегата электроснабжения процесс контакта и захвата выполняется при неподвижных агрегатах. Стыковка не самих агрегатов, а кабельных полумуфт с гибким кабелем, позволяет так решить задачу.

Для выполнения стыковки при неподвижных агрегатах необходим манипулятор, который обладал бы четырьмя степенями свободы: тремя вращательными и одной по линейному перемещению. Это требует создание манипулятора сложной конструкции, размещение которого на малогабаритном агрегате проблематично, или поиска принципиально новых решений.

Для упрощения конструкции манипулятора и процесса стыковки одна вращательная степень свободы передается платформе, на которой размещается оборудование электроснабжения (или основанию, на котором установлено устройство дистанционной стыковки). Вторая вращательная степень свободы по осевой ориентации одной из кабельных полумуфт реализуется в механизме устройства дистанционной электростыковки после захвата полумуфты. Третья вращательная степень свободы и линейное перемещение могут быть реализованы за счет использования гибкого и упругого звена манипулятора. По конструкции это звено может быть образовано двумя отрезками жесткого каната, концы которых соединены между собой. На свободных концах, соединяя их, может быть закреплен захват. Противоположные концы могут быть жестко закреплены на вращающихся дисках.

Линейное перемещение, таким образом, может осуществляться путем подачи канатов за счет сматывания их с дисков, а поворот на некоторый угол - за счет упругости звена. Основные принципы организации стыковки во многом подобны стыковке аппаратов в космосе [10].

Схема дистанционной электростыковки с использованием манипулятора предложенного принципа действия может быть следующей:

- 1) ПКС путем маневра располагается на расстоянии 0,6-0,8 м от рабочего агрегата;
- 2) поворотом платформы (и при необходимости - перемещением ПКС) вертикальная плоскость симметрии гибкого звена манипулятора совмещается с вертикальной плоскостью симметрии концевой отрезка кабеля рабочего агрегата с полумуфтой (которые должны располагаться на внешней стороне агрегата);
- 3) гибкое звено манипулятора выпускается до контакта с полумуфтой кабеля агрегата;
- 4) гибким звеном манипулятора производится захват полумуфты кабеля;
- 5) после захвата полумуфты гибкое звено манипулятора навивается на барабан, увлекая за собой захваченную им полумуфту с кабелем;
- 6) кабельная полумуфта затягивается в уловитель, в котором ориентируется в осевом направлении;
- 7) осуществляется стыковка кабельных полумуфт и происходит срабатывание замка, удерживающего их в состыкованном состоянии.

Все операции контролируются оператором по телевидению. Несмотря на достигнутую простоту схемы, устройство дистанционной электростыковки решает сложную техническую задачу.

Осевая ориентировка кабельной полумуфты рабочего агрегата выполняется в три этапа:

- 1) при захвате гибким звеном манипулятора (образованного параллельными отрезками каната);
- 2) в уловителе;
- 3) направляющими штырями в кабельных полумуфтах.

Расстыковка кабельных полумуфт осуществляется за счет натяжения кабеля рабочего агрегата.

Габариты ПКС, предназначенной для работы в помещении, не позволяют применять многоприводные, сложные и тяжелые устройства. Наиболее приемлемым оказался новый принцип построения манипулятора, основанный на использовании гибкого звена [15]. В этом случае удалось обойтись только приводом для навивки и сматывания гибкого звена, при использовании привода поворота ПКС. Устройство дистанционной электростыковки (УДС), разработанное на базе изложенных принципов, представлено схематично на рис. 7.1.

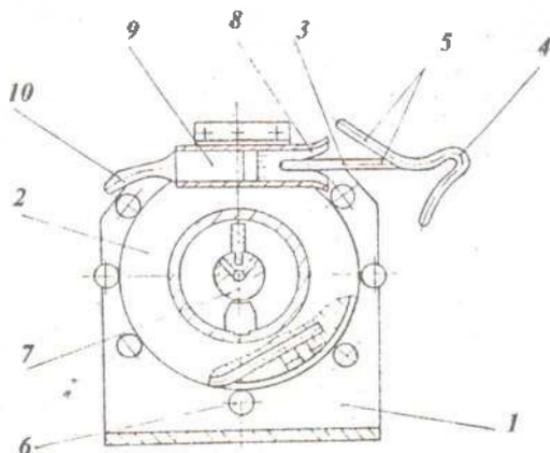


Рис.7.1. Схема устройства дистанционной электростыковки

УДС состоит из корпуса 1, в щеках которого уложены на оси барабан 2, в канавках которого установлены два отрезка упругого каната 3, образующего вместе с соединяющим их на концах захватом 4 гибкое звено манипулятора 5. От выпадания каната из канавок предохраняют ролики 6. В ступицу барабана 2 встроен неполноповоротный гидродвигатель 7 (в качестве привода возможно использование мотор-редуктора).

При поворотах барабана 2 гибкое звено 5 выдвигается на расстояние до 800 мм вперед или втягивается (наматываясь на барабан) в УДС.

В верхней части корпуса установлен муфтодержатель 8 с приемной частью в виде раструба с расширяющимися прорезями. В задней части муфтодержателя установлена кабельная полумуфта 9 с кабелем 10.

Устройство дистанционной электростыковки (рис.7.2) устанавливается на поворотном круге 2 ПКС 1 или на поворотной подставке с отдельным приводом. Полумуфта 9 ДУА 6, с которым осуществляется электрическая стыковка, закреплена на кабеле 8, навитом на барабан ЛКМ 7 ДУА. В конструкцию ЛКМ входит устройство фиксации концевого отрезка кабеля 10 (УФК). УФК установлено на внешней стороне ДУА, с тем, чтобы отрезок кабеля с полумуфтой под действием собственного веса занимал вертикальное положение, а полумуфта касалась поверхности Б. После стыковки электроснабжение рабочего агрегата, а также передача управленческой, измерительной и телевизионной информации осуществляется по кабелю, навитому на барабан лебедки кабельной главной ПКС, через полумуфту устройства дистанционной электростыковки 4 и полумуфту 9 кабеля 8 лебедки кабельной маневровой. Агрегаты рабочий и ПКС оснащаются видеокамерами 3.

Для обеспечения захвата полумуфты 9 гибким манипулятором 5 и ее фиксации в УДС на ней выполнены цапфы с ребрами. Конструкция захвата показана на рис.7.3. Захват имеет две ветви 2 соединенные перемычкой 1 и на-

клонные скобы 3. Одна из ветвей имеет рожек 4, образующий с соседней ветвью прорезь А.

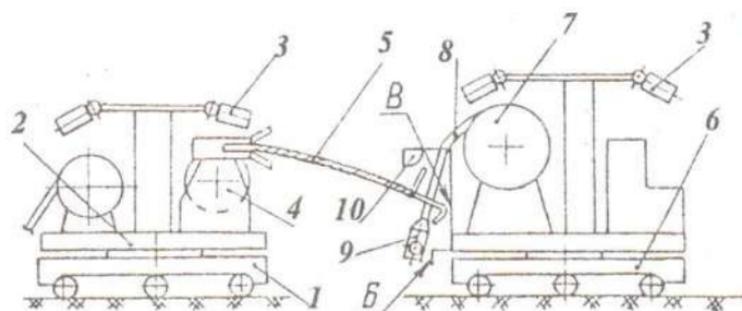


Рис.7.2. Схема расположения оборудования на электростыкуемых агрегатах

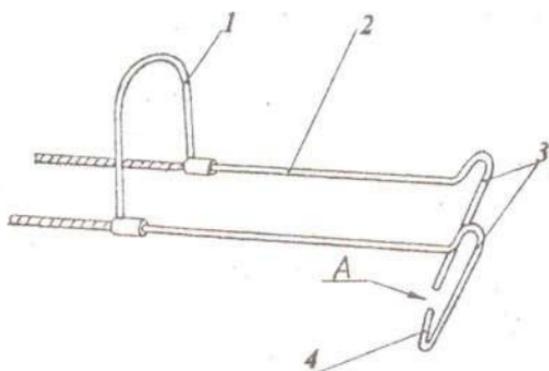


Рис.7.3. Вилка захвата УДС

Устройство дистанционной электростыковки работает следующим образом. ПКС устанавливается возле ДУА на расстоянии длины манипулятора (см.рис.7.2). С помощью поворотной платформы и маневра ПКС (при необходимости) ось манипулятора устанавливается в одной плоскости с осью кабеля и полумуфты ЛКМ ДУА.

Путем поворота УДС на поворотном круге ПКС 1 (рис.7.2) и движения гибкого звена манипулятора вперед захватывают концевой участок кабеля в захват 4 (рис.7.1), после чего включают УДС на "втягивание" гибкого звена манипулятора путем наматывания канатов 5 на барабан 2. Полумуфта 9 (рис.7.2) захватывается при этом захватом 4 (рис.7.1) и втягивается в муфтодержатель 8 и соединяется с полумуфтой 9.

Более подробно технология захвата кабеля вилкой гибкого манипулятора показана на рис.7.4. Кабель 1 попадает в прорезь вилки А (рис.7.4,а,б). Вилка может касаться поверхности в УФК. Поворотом УДС против часовой стрелки

добиваются касания кабеля 1 с ветвью 3 (рис.7.4,в). Включают УДС на втягивание гибкого манипулятора, при этом кабель 1, скользя по ветви 3, захватывается рожек 4 (рис.7.4,г). Далее кабель, а потом полумуфта с цапфами 5 скользят по рожку 4 и цапфы 5 попадают в скосы вилки 6 (рис.7.4,д), а затем в углы вилки (рис.7.4,е). Муфта с цапфами затягивается в конический раструб УДС. Цапфы, скользя по скосам раструба, попадают в прорези, в результате окончательно центрируются и стыкуются полумуфты.

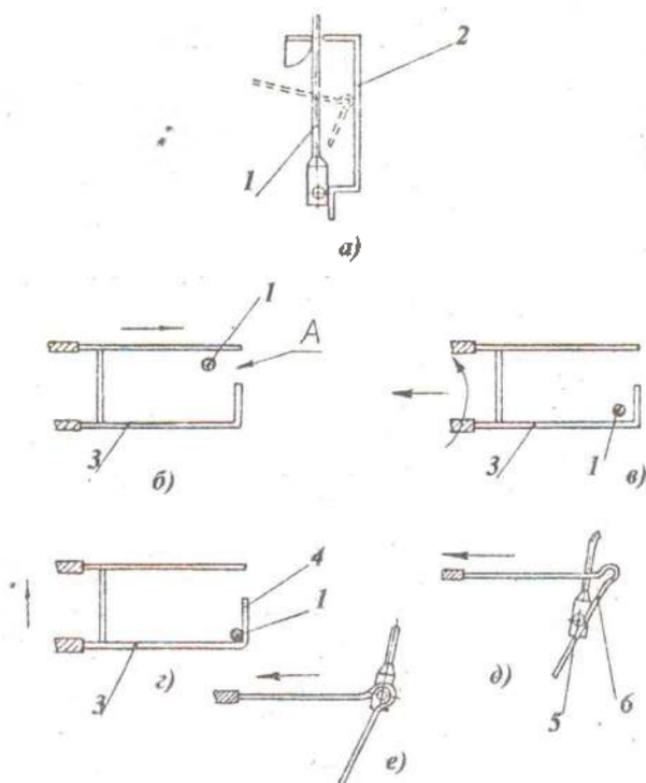


Рис.7.4. Схема захвата кабеля вилкой захвата УДС

Расстыковка происходит в обратном порядке. ПКС и ДУА сближаются на расстояние 600-800 мм. Гибкий манипулятор УДС выдвигается вперед, возможно, до касания плоскости В УФК (рис.7.2). Натягивают кабель лебедкой кабельной ДУА и выдергивают полумуфту из раструба УДС. При этом кабель занимает под действием собственного веса вертикальное положение в УФК на ДУА (рис.7.2).

Поворотом УДС на ПКС поворачивают гибкое звено манипулятора с вилкой и располагают прорезь А вилки напротив кабеля для его выхода (рис.7.4,б). Натягивают гибкое звено манипулятора УДС и вилку выводят через

прорезь А из зацепления с кабелем. На этом расстыковка заканчивается. Операции по стыковке и расстыковке агрегатов контролируются оператором по телевидению.

Предложенная технология дистанционной электрической стыковки и устройство дистанционной стыковки при относительной простоте позволяют решить сложную техническую задачу.

В НИПИОкеанмаше изготовлен и испытан экспериментальный образец устройства.

## **8, Проблемы создания оборудования бурения, взрывного и распорного разрушения объектов в условиях IV энергоблока ЧАЭС**

Во многих случаях наиболее эффективным способом разрушения топливосодержащих масс (ТСМ) и новообразований при преобразовании IV энергоблока ЧАЭС в экологически безопасную зону является разрушение распорными или взрывными устройствами, закладываемыми в предварительно пробуренные шпуровые отверстия. В горных и строительных отраслях промышленности широко используется указанный способ, а также реализующие его технологическое бурильное оборудование и шпуровые средства разрушения. Практический опыт и обширные исследования в этих областях позволили выработать определенные подходы к выбору способа бурения, параметров бурильных машин и разрушающих устройств. Однако подлежащие разрушению объекты уникальны из-за специфических условий их формирования, физико-механических свойств и расположения в пространстве.

На выбор способов и технологии разрушения объектов и образований IV энергоблока ЧАЭС, технологических и конструктивных решений по оборудованию бурения, взрывного и распорного разрушения (далее - ОБИР) оказывают влияние многие факторы и ограничения, вызванные специфическими условиями его применения, основными из которых являются следующие:

- 1) стесненность транспортных коридоров и рабочих зон;
- 2) широкий спектр физико-механических свойств разрушаемых объектов, их объемов и расположения в пространстве;
- 3) необходимость выполнения одним агрегатом нескольких операций (бурение шпуров, их зарядка устройствами взрывного или распорного разрушения, обеспечение их срабатывания) за один рабочий цикл;
- 4) работа в дистанционно - управляемом режиме в условиях отсутствия прямого аудио- и визуального контакта оператора с агрегатом, в вероятных условиях плохой видимости;

- 5) требуемые малые транспортные габариты ОБИР;
- 6) малый вес базового агрегата с ОБИР, и, как следствие, малые воспринимаемые им горизонтальные нагрузки;
- 7) жесткие ограничения по пылеобразованию при работе ОБИР;
- 8) жесткие ограничения по применению взрывчатых веществ;
- 9) малые объемы воды, разрешенные к выливанию в рабочей зоне;
- 10) жесткие ограничения по статическим и динамическим нагрузкам на строительные конструкции.

Проведенный анализ существующих решений и результаты патентного поиска [2] показали, что для создания оборудования, соответствующего указанным требованиям, необходимо решение ряда сложных новых технологических и технических проблем, основные из которых следующие:

- 1) бурение шпуров в любом направлении в автоматизированном режиме с помощью дистанционно - управляемого манипулятора с использованием телевидения;
- 2) автоматизированная подача зарядов и устройств распорного разрушения в шпур, создание соответствующих подающих устройств;
- 3) создание устройств взрывного и распорного разрушения с учетом ограничений, накладываемых условиями (минимизация ударной волны и пылеобразования), с возможностью их подачи в шпур в автоматизированном режиме;
- 4) создание компактного гидравлического манипулятора, обеспечивающего бурение шпуров в любом направлении, с максимальным числом степеней подвижности при минимальных габаритах и с возможностью складывания в транспортное положение;
- 5) решение вопроса жесткого закрепления легкого бурового оборудования при бурении.

Эффективное решение этого комплекса задач существующими технологическими и техническими средствами невозможно либо неоправданно сложно. В этих условиях необходимостью становится создание принципиально новой технологии ведения работ по бурению шпуров, их зарядке и разработка реализующих ее технических средств.

Существующий опыт работы буровых машин в горной и строительной промышленности показывает, что бурение шпуров, в близких указанным ранее условиях, производится, как правило, вертикально вниз, в горизонтальном и близких к горизонтальному направлениях, а также в любом промежуточном к ним направлениях. Кроме того, при образовании проездов в строительных конструкциях существует вероятность бурения шпуров на высоте более 2 м вертикально вверх либо под положительными к горизонтали углами (восстающие шпуры).

Широко применяемая в горной и строительной промышленности технология разрушения монолитных образований заключается в следующем. Механизированными либо ручными бурильными установками последовательно бурится ряд шпуров согласно паспорту буровых работ. Далее вручную досыльником или при помощи механизированного (как правило, с пневмоприводом) зарядчика производится зарядка шпуров патронами взрывчатых веществ (ВВ), снабженных отрезками детонирующего шнура (ДШ). Зарядка вертикальных или наклонных шпуров может осуществляться также непатронированными гранулированными ВВ с последующим их уплотнением, при этом в заряд ВВ вводится и фиксируется отрезок ДШ. При зарядании шпуров необходим контроль количества ВВ, размещенных в шпурах.

После зарядки вручную производят забойку пластическими массами устья шпуров для повышения эффективности действия взрыва. Выступающие из шпуров концы ДШ специальным способом вручную соединяют, формируя тем самым взрывную сеть, к которой монтируют инициирующее взрывную волну устройство (как правило, электро- или пиродетонатор). Защита от ударной волны и разлета осколков, а также от пыли, осуществляется отводом техники и людей на определенное расстояние. В отдельных случаях могут устанавливаться защитные экраны или использоваться другие защитные средства. Подрыв зарядов осуществляется при подаче управляющего сигнала (для электродетонаторов - подача напряжения на их выводы, для пиродетонаторов - инициирование при помощи огнепроводного шнура) на детонатор.

При таком способе разрушения достигается высокая степень дробления объекта при обильном пылеобразовании (за счет увеличения суммарной пылевывделяющей площади), значительных ударной волне, радиусе и энергии разлета осколков, вызываемых большой массой одновременно взрывааемых ВВ.

Технология использования серийных устройств распорного разрушения (как правило, это гидроклин или гидравлические раскалывающие устройства, так называемые ГРУ) заключается в следующем. В пробуренные шпуры вставляются силовые элементы, рабочие полости устройств при помощи рукавов высокого давления соединяют с насосной станцией. При подаче насосной станцией рабочей жидкости в устройства последние осуществляют раскалывание монолита по линии шпуров.

Рассмотренные способы применения взрывных и раскалывающих устройств имеют два ключевых момента, которые не представляют сложности при существующей технологии, предусматривающей непосредственное выполнение работ человеком, и которые могут вызвать значительные или непреодолимые трудности при производстве работ с использованием дистанционно - управляемых агрегатов.

**Первое.** Бурение шпуров и размещение в них зарядов ВВ (или раскалывающих устройств) разнесены во времени и выполняются двумя конструктивно не связанными между собой агрегатами. Взрывник вынужден для подачи ВВ искать устье шпура, ориентировать устройство подачи ВВ относительно него, кроме того, при использовании патронированных ВВ необходимо еще и совмещение осей патрона ВВ и шпура. Зарядка шпуров непатронированными (рассыпными) ВВ возможна для направленных вниз шпуров и нецелесообразна для горизонтальных или восстающих шпуров. Такие шпуры обычно заряжают патронированным ВВ.

Поиски устья шпура и ориентирование продольной оси патронов ВВ параллельно оси шпура механизированным зарядчиком в дистанционно - управляемом режиме представляется сложной задачей, связанной со значительным количеством маневровых операций агрегата, требующих большой подвижности выходного звена манипулятора, получение, передачу и обработку потока телеметрической информации, постоянного визуального положения подачи зарядов, при этом автоматизация процесса заряжения шпура представляется проблематичной.

**Второе.** Приведение в рабочее состояние и иницирование размещенных в шпурах зарядов ВВ или гидравлических распорных устройств требует монтажа взрывной или гидравлической сети. Операции выполняются, как правило, вручную, их механизация представляется сложной инженерной задачей ввиду высоких требований к точности позиционирования исполнительных механизмов, трудности поиска, захвата и соединения произвольно расположенных концов ДШ в зарядах ВВ (или присоединительных ниппелей в гидроустройствах). Выполнение предварительного монтажа взрывной или гидравлической сетей с последующим размещением устройств в шпурах не решает проблемы, так как их хранение, транспортировка и установка осложняется наличием большого числа соединительных коммуникаций (ДШ или гидрорукава), которые могут цепляться за выступающие части оборудования, конструкций, затрудняя тем самым выполнение операций. В худшем случае такие зацепы могут вызывать нарушение целостности сети.

Малые ширина и высота коридоров, проездов и дверных проемов, через которые предполагается осуществлять движение базового агрегата с ОБИР к месту работы, требует малых транспортных габаритов агрегата, что, в свою очередь, обуславливает необходимость

создания компактного ОБиР, не превышающего допустимые компоновочные размеры. В то же время, необходимость бурения под произвольным углом и последующего разрушения объектов, находящихся на уровне стояния агрегата, под ним, а также на высотах до 2,3 м над уровнем стояния, с широким азимутом расположения требует использования манипулятора с высоким числом степеней свободы последнего звена. Кроме того, манипулятор должен обеспечивать максимальную точность и жесткость позиционирования бурильного модуля для исключения заклинивания или поломки бурового инструмента. Такие противоречивые требования наряду с максимальной простотой и высокой грузоподъемностью должны быть решены при разработке манипулятора.

Малый собственный вес базового агрегата с ОБиР (до 2000 кг) не позволяет реализовать значительные усилия подачи бурового инструмента, особенно при бурении горизонтальных шпуров. Усилия подачи существенно влияет на скорость бурения, и при малых его значениях возможно прекращение процесса бурения, при этом буровой инструмент работает по "подушке" из штыба, что ускоряет его износ.

Работа ОБиР неизбежно сопровождается обильным образованием пыли, включающей в свой состав радиоактивные элементы, вынос которых за пределы объекта "Укрытие" недопустим. Пыль образуется в забое при бурении шпура, а также в местах нарушения целостности разрушаемых объектов при использовании взрывных или распорных устройств. Кроме того, осевшая пыль может быть поднята в воздух ударной волной, возникающей при срабатывании взрывных устройств. Поэтому проблема минимизации пылеобразования или его локализации при работе ОБиР является крайне актуальной.

Использование взрывных устройств, входящих в комплект ОБиР, кроме обильного пылеобразования, может вызывать сейсмические нагрузки на конструкции. Их величины не должны превышать допустимых значений для обеспечения сохранения существующего состояния строительных объектов, техники, оборудования, коммуникаций. Снижение воздействия негативных факторов взрыва возможно за счет уменьшения количества взрывчатого вещества, одновременно подрываемого на одну ступень замедления, что автоматически снижает его разрушающее действие. Решение этих противоречивых требований является сложной задачей и требует создания специальных

видов шпуровых зарядов. Специалисты НИПИОкеанмаш предложили принципиальные технологические и конструкторские решения указанных проблем, а также экспериментально подтвердил их работоспособность.

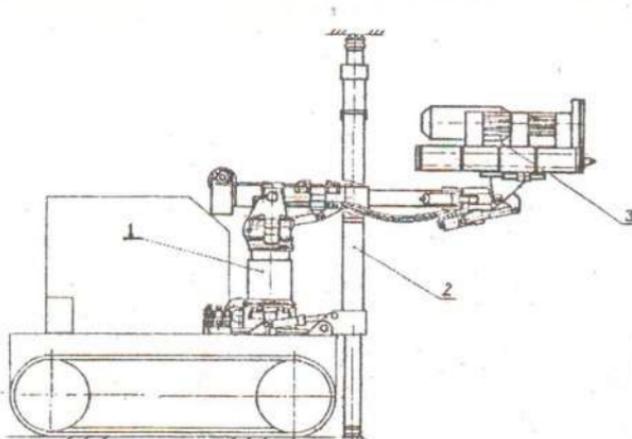
Разработана основная концепция буровзрывного способа разрушения объектов при использовании оборудования, работающего в дистанционно - управляемом режиме. Суть ее заключается в следующем.

1. Бурение шпуров осуществляется буровой установкой в дистанционно - управляемом режиме.

2. Заряжание шпуров патронированными ВВ или распорными устройствами производится непосредственно после их бурения без изменения пространственного положения буровой установки, причем заряды подаются на ось шпура после отвода буровой головки и затем досылаются в него. Такой способ исключает необходимость поиска шпура и все связанные с этим трудности.

3. Решение задачи инициирования зарядов заключается в отказе от срабатывания шпуровых разрушающих устройств при помощи взрывной или гидравлической сетей. Разрушение массива осуществляется зарядами с автономными источниками энергии и дистанционным или контактным инициированием.

Разработанная концепция нашла свою реализацию в оборудовании бурения, взрывного и распорного разрушения (рис. 8.1).



1. Манипулятор гидравлический. 2. Распорная система.

3. Буровая установка с автоматизированно подаваемым комплектом средств взрывного или распорного разрушения.

Рис.8.1 Основные составляющие ОбиР

Удержание буровой установки, перевод ее в необходимое для бурения положение и фиксация в этом положении обеспечивает гидравлический манипулятор.

Как правило, манипуляторы существующих буровых установок представляют собой многозвенные рычажные механизмы с приводом от гидроцилиндров. Это решение полностью не может быть использовано из-за необходимости миниатюризации оборудования. Одним из направлений может быть совмещение функций гидроцилиндра с функцией рычага манипулятора и использование гидромеханических самотормозящих поворотных устройств. Частично эти решения просматриваются в конструкции манипулятора бурильного станка фирмы "Atlas Copco" [42]. В результате проведенных поисковых и конструкторских работ предложены новые технические решения по гидравлическому манипулятору (МГ).

Конструкция МГ обеспечивает выполнение всех требований к нему - позволяет устанавливать и фиксировать бурильную установку для бурения во всех направлениях в переднем полупространстве, переводить установку в транспортное положение с заданными габаритами. Использование новых решений - комбинированной стрелы - гидроцилиндра, гидромеханических самотормозящих приводов с установкой одного из них со стороны дна стрелы - гидроцилиндра - позволило выполнить конструкцию относительно компактной, приемлемой для заданных условий.

Возможность создания требуемых, зачастую близких к горизонтальным, усилий бурения (не менее 500...1000 кг) при относительно малом весе базового агрегата с ОБИР обеспечивается его распором между полом и потолком помещения. При этом значительная часть нагрузки от бурового инструмента передается распорным элементам. Такой способ широко применяется в горной промышленности.

Для выполнения требований к габаритам ОБИР (в особенности в транспортном положении) принято решение распорные колонны выполнить поворотными, гидравлическими, с двумя подвижными телескопическими распорными звеньями и набором сменных вставок - колонн для обеспечения работы ОБИР в помещениях с различной высотой потолков.

Система пылеподавления при бурении шпуров технологически совмещена с системой охлаждения бурового инструмента. В практике горных работ охлаждение инструмента и удаление штыба осуществляется промывочной водой. В условиях IV энергоблока ЧАЭС накоп-

ливание воды во внутренних помещениях в результате ее пролива недопустимо. Организовать циркуляцию воды с расходом около 6 л/мин (по рекомендациям института сверхтвердых материалов им. Бакуля, г. Киев) при бурении шпуров без ее пролива технически трудно. Направление решения данной проблемы следует искать в использовании для удаления штыба и охлаждения инструмента двухфазной смесью "вода+воздух". Вода используется для охлаждения инструмента и связывания твердых частиц до текучего состояния. Это позволит существенно уменьшить расход воды и исключить образование пыли. Воздух используется для удаления продуктов бурения из зоны разрушения.

Для разрушения "свежих" бетонов, образований типа "слоновая нога", а также при проходке проемов в стенах подреакторных помещений, бассейне барботера и парораспределительном коридоре НИПИокеанмаш в содружестве с Национальной горной академией Украины (г. Днепропетровск) разработана и рекомендована [17] специальная методика взрывных работ, основанная на методах "щадящего" направленного взрывания.

Одним из видов "щадящего" взрывания, является способ направленного взрывного разрушения, основанный на использовании зарядов направленного раскола.

При использовании зарядов направленного раскола обеспечивается минимальное воздействие взрывных волн, что является важным преимуществом при проведении взрывных работ в помещениях, ограниченных по воздействию ударных воздушных волн, сейсмических волн и пылеобразованию.

На основе заряда направленного раскола при необходимости может быть сформирован заряд нормального дробления. Применение такого заряда возможно при пониженных ограничениях к последствиям взрыва. Разработанные патронированные заряды ВВ позволяют осуществлять их дистанционное инициирование без формирования шпуровой взрывной сети.

НИПИокеанмаш разработан комплект устройств распорного разрушения (КСРР) с автономными источниками энергии с дистанционным срабатыванием [13], предназначенный для разрушения монолитных объектов посредством введения силовых элементов в шпур и создания с их помощью распорных нагрузок.

Применение разработанных патронированных зарядов ВВ и распорных устройств существенно снижает сейсмические нагрузки

на конструкции, обеспечивает практически полное отсутствие пылеобразования и - для взрывных устройств - образование взрывной волны. Подача патронированных зарядов ВВ и распорных устройств в шпурты осуществляется при помощи разработанного устройства дистанционной подачи зарядов.

Разработанные технологические и технические решения проблем, связанных с созданием оборудования бурения, взрывного и распорного разрушения, позволяют решать практически весь комплекс поставленных задач. Новизна решений, максимальная автономность и автоматизация основных технологических операций, компактность оборудования, использование шадящих методов разрушения позволяют применять разработанные методы не только в условиях IV энергоблока ЧАЭС, но и в других местах, где по различным причинам затруднено или невозможно присутствие человека.

### 9. Установка для канатно-абразивной резки

Одним из эффективных способов резания скальных пород, бетонов, железобетонов и даже стальных конструкций является канатно-абразивная резка [14]. Режущим органом является канат, прижимаемый в процессе резания к разрезаемому монолиту и протягиваемый с большой скоростью (около 30 м/с) между двумя станциями - натяжной и приводной. Канат может быть с расположенными на нем с некоторым шагом абразивными скретчерами. Абразивный порошок может подаваться непосредственно в зону резания. Длина каната с целью предотвращения его быстрого износа должна быть как можно большей - 100-150 и более метров. В обычных установках нет каких-либо препятствий к реализации этого требования.

Однако в конструкции такой установки при использовании ее в условиях объекта "Укрытие" должны быть выполнены требования:

1) установка должна быть скомпонована в едином малогабаритном дистанционно-управляемом агрегате (при сохранении длины каната не менее 100-150 м);

2) должна быть обеспечена возможность разрезания произвольно расположенных в пространстве объектов, т.е. должна быть обеспечена возможность дистанционной установки агрегата в положение, необходимое для осуществления процесса резания.

Разработана новая установка канатно-абразивной резки, удовлетворяющая заданным требованиям [15]. В новой установке режущий канат запасован через блоки, расположенные на С-образном хоботе (типа лобзика), а его свободные концы навиты на приводной ба-

рабан. При этом одна ветвь каната набегает на барабан снизу, а другая - сверху. Направление вращения барабана - переменное. Для сохранения обеих ветвей в одной плоскости барабан при вращении перемещается на шаг навивки каната за один оборот в одну или другую сторону, в зависимости от направления его вращения. Хобот в виде лобзика может устанавливаться в любое положение, необходимое для резания конкретного объекта.

Установка смонтирована на самоходном шасси 1 (рис. 9.1), на поворотном устройстве 2, которым оборудовано шасси. Канат 3, который осуществляет резание, запасован через два обводных блока 4, установленных на хоботе 5, и навит на барабан 6. Причем, режущая (нижняя) ветвь каната набегает на барабан снизу, а холостая ветвь - сверху. Концы каната обеих ветвей закреплены на барабане у его торцев.

Барабан 6 посажен на вал 7, который установлен в подшипниках люльки 8, смонтированной на подшипниках в корпусе 9. Вращение барабана осуществляется от гидропривода. При этом барабан вращается в реверсивном режиме (вперед-назад). Вал барабана имеет трехугольный профиль, образованный тремя лысками и тремя участками цилиндрической поверхности. На цилиндрической поверхности вала (на всех трех участках) нарезана резьба с плоской вершиной профиля.

На резьбу вала до контакта с торцами барабана с двух сторон навинчены гайки 10 и 11 с поводками 12, в отверстиях которых проходит направляющая 13, жестко закрепленная концами в торцы люльки.

Барабан состоит из двух полубарабанов 14 и 15.

В полубарабанах смонтированы дисковые муфты с гидроприводом, таким образом, что полубарабаны 14 и 15 могут или составлять единый барабан, или полубарабан 15 может быть остановлен, а полубарабан 14 в это время может вращаться.

Люлька 8 с помощью гидропривода через зубчатый венец 16 может поворачиваться вокруг оси, поворачивая тем самым хобот 5 с режущим канатом. Корпус 9, в котором установлена люлька, таким же образом может поворачиваться вокруг своей оси. Кроме того, и сама люлька установлена на поворотном кронштейне 17.

Установка работает следующим образом.

Самоходное шасси подводят в зону работы, выдвигают (при необходимости) аутригеры до опоры в грунт. Поворотом люльки 8 вместе с хоботом 5 доводят режущую ветвь каната до контакта с перерезаемым объектом. Включают вращение гидродвигателя, который через вал 7 вращает барабан 6. Канат наматывается с одной стороны барабана и сматывается с другой. При этом поворотом люльки с хоботом осуществляется прижатие режущей ветви каната 3 к перерезаемому объекту и постоянная подача его на перерезаемый объект в процессе резания. В процессе движения каната рабочая ветвь смачивается и посыпается абразивным материалом.

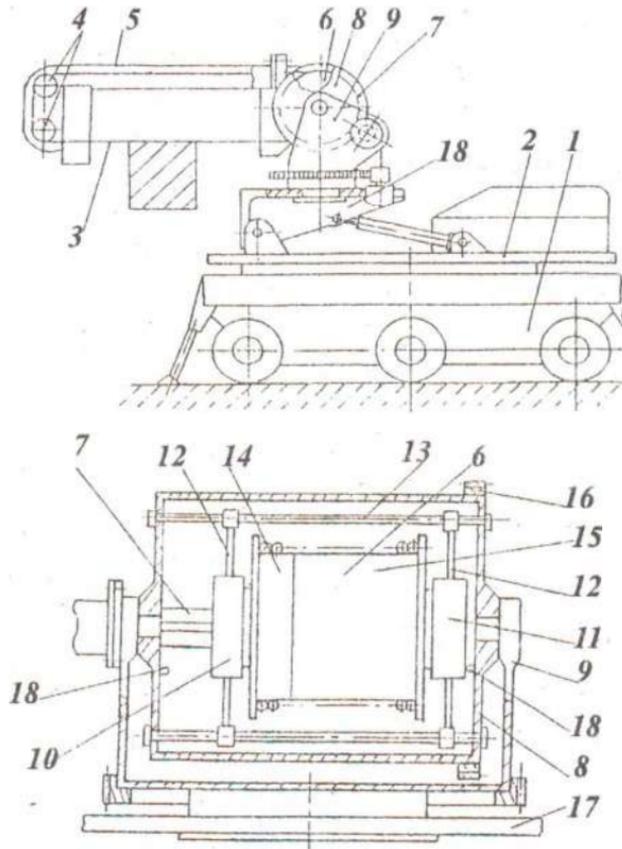


Рис.9.1. Установка канатно-абразивной резки

Упорядоченная укладка каната на барабан осуществляется путем перемещения барабана на шаг навивки за один оборот в одну и другую сторону. В крайних положениях барабан входит в контакт с датчиками конечного положения 18, которые с помощью гидрораспределителей с электроуправлением реверсируют двигатель вращения барабана. В результате барабан начинает вращаться в обратную сторону и перемещается по валу в другом направлении до контакта с другим концом переключателя. Далее цикл повторяется.

Осевое перемещение барабана осуществляется гайками 10 и 11, которые будучи застопоренными от вращения поводками 12, перемещаются влево или вправо, в зависимости от направления вращения вала 7, толкая барабан 6 в ту или другую сторону. Шаг резьбы вала 7 и гаек 10 и 11 равен шагу навивки каната.

В результате перемещения барабана вправо и влево при вращении вала, он может занимать крайнее правое или левое положение, однако, режущая

ветвь и холостая ветвь остаются на месте (относительно хобота). Натяжение каната осуществляется в крайнем правом его положении. Для этого включают на наматывание каната полубарабан 14, а полубарабан 15 оставляют неподвижным. После окончания операции натяжения каната оба полубарабана 10 и 11, соединяясь друг с другом торцами и находясь на одном и том же валу 7 функционируют как один барабан лебедки.

Путем поворота поворотного устройства шасси, поворота поворотного кронштейна 17 с помощью гидроцилиндра и поворота корпуса 9 с помощью гидродвигателя можно установить хобот с режущей ветвью каната в любое пространственное положение, необходимое для перерезания объекта, как это показано на рис. 9.2, в том числе, обеспечивается возможность резать под любым углом  $\alpha$  к вертикальной плоскости (рис. 9.2,б). В транспортном положении хобот устанавливают путем поворота люльки в положение, показанное на рис. 9.2,г.

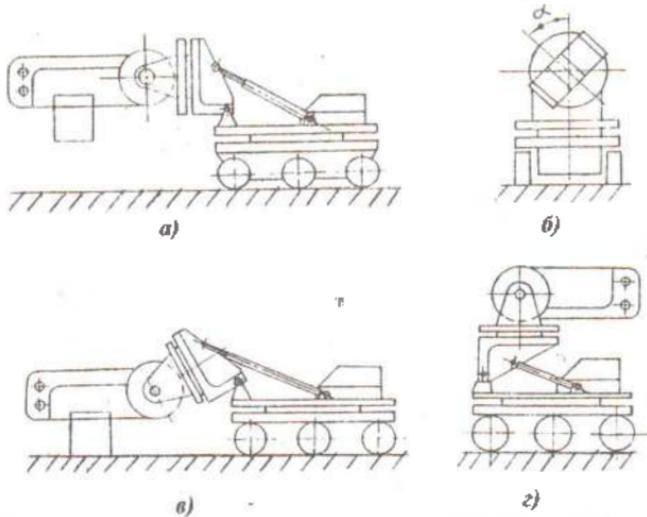


Рис.9.2. Рабочие (а,б,в) и транспортное (г) положения установки канатно-абразивной резки

Таким образом, новая установка позволяет производить резку строительных конструкций (при разборке завала) при любом их пространственном положении. Установка смонтирована в едином блоке, что позволяет использовать ее при автоматизированном дистанционном управлении в зонах, недоступных для человека (например, радиоактивных). Использование реверсивной лебедки в качестве приводного устройства для каната позволяет принять в канатной установке практически любую длину каната, и, соответственно, повысить его долговечность.

## Литература

1. Кузьминский В.П., Кравченко В.Г., Кузнецов Ю.М.. Проблемы кабельного электроснабжения дистанционно-управляемых агрегатов и управления ими по кабелям.//Проблемы Чернобиля: Науково-техн.зб.-Чернобиль.-1997.-С.35-36.
2. Кузьминский В.П., Кравченко В.Г. Кабельное электроснабжение дистанционно-управляемых агрегатов и управление ими по кабелям в условиях чрезвычайных ситуаций//Труды II Междунар. симп. по механике эластомеров, Днепропетровск, 23-26 июня 1997.- Днепропетровск: Полиграфист, 1997.-Т. 1.-С.133-135.
3. Патент № 16873 Украины, МКИ<sup>5</sup> В65Н75/34. Пристрій для накручування кабелю/В.П.Кузьмінський// Промислова власність.-1997.-№ 4.-С.3.1.106.
4. Троицкий И.Д. Производство кабельных изделий.-М.:Высшая школа, 1998.- 240 С.
5. А.с. № 1463712 СССР, МКИ В66Д 1/36. Канатоукладчик лебедки Е.Е.Елеонский// Открытия, изобретения. -1989.-№ 9.-С.117.
6. Патент № 17988 Украины, МКИ<sup>6</sup> В66 В1/36. Кabelleукладач кабельної лебідки/ В.П.Кузьмінський// Промислова власність.-1997.- №5.-3.1.152 С.
7. Патент № 17668 Украина, МКИ<sup>6</sup> В66Д1/36. Лебідка кабельна/В.П.Кузьмінський, Т.Г.Тарасова//Промислова власність.-1997.-№5. -С.3.1.151.
8. Заявка № 61-49218 Японии, МК<sup>4</sup> В65 Н75/38. Устройство для хранения и разматывания ленточного кабеля/Кога дэнки когэ К.К.//ИСМ.-1987.-№16.-Вып.50.-С.92.
9. Патент 19636 Украина, МКИ<sup>6</sup> Н02 G11/02. Пристрій для безконтактної передачі електроенергії від нерухомого об'єкту до рухомого/В.П.Кузьмінський, В.Г.Кравченко// Промислова власність.-1997.-№6.-С.3.1.605.
10. Елисеев А.С. Техника космических полетов.-М.: Машиностроение, 1983.-307 с., ил.
11. Патент 17667 Украина, МКИ<sup>6</sup> В25 11/00. Пристрій дистанційної електростиковки/ В.П.Кузьмінський// Промислова власність.-1997.- №5. -С.3.1.131.
12. //Atlas Copco Manual. CopVright Atlas Copco AB.- Stockholm, Sweden.
13. Патент 21693 Украина, МКИ<sup>6</sup> E21 С37/02. Пневмокинновий пристрій/ В.П.Кузьмінський// Промислова власність.-1998.-№2.-С.3.1.169.
14. Проспект фирмы Venetti (Италия); фирмы Pelegrini (Италия).
15. Патент № 17618 Украина, МКИ<sup>6</sup> 21С 47/10. Установка для канатно-абразивной різки/В.П.Кузьмінський, О.І.Сущенко// Промислова власність.-1997.-№5.-С.3.1.237.