

ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ МОНТАЖА СИСТЕМЫ ОСНОВНЫХ КРАНОВ ДЛЯ УКРЫТИЯ-2

У цій статті розглядаються можливі методи підйому систем основних кранів всередині захисних оболонок над місцями великих радіаційних аварій. На прикладі проекту «Укриття-2» автори систематизують основні інженерні проблеми, які будуть актуальними при будівництві захисних оболонок над будь-якими іншими місцями радіаційних аварій. Основна увага приділяється методології підйому системи основних кранів для демонтажу зруйнованого обладнання та споруд. У даній роботі пропонується використовувати один з трьох можливих варіантів підйому за допомогою «strand jacks». Особливий акцент робиться на методи «самопідйому» «strand jacks» по натягнутих тросах. За попередніми оцінками даний метод вимагає найменших витрат на підготовку і демонтаж вантажопідйомного обладнання після проведення робіт.

This article discusses the possible methods of lifting systems, the main cranes inside the protective shell over the places of major radiation accidents. By the example of the "Shelter-2" authors systematize the basic engineering problems that will be relevant in the construction of protective sheaths over any other duty of radiation accidents. Focuses on the methodology of the main crane system for dismantling of the destroyed equipment and facilities. In this paper, we propose to use one of three possible options for recovery with the help of «strand jacks». Special emphasis is placed on the "self-lifting" method «strand jacks» on the stretched rope. According to preliminary estimates, this method requires the lowest costs for preparation and dismantling of lifting equipment after work.

Введение.

В настоящее время ведется проектирование первой в мире защитной оболочки для демонтажа оборудования и строительных сооружений, разрушенных в результате ядерной катастрофы на Чернобыльской АЭС. Защитная оболочка, получившая название «Укрытие-2» не имеет аналогов в мировой практике. Уникальность инженерных задач, возникающих при проектировании оболочки, обуславливается сочетанием трех основных факторов: специфика демонтажных работ (конструкции нестандартной формы, массой от 5 кг до 50 тонн), большая площадь разрушений и высокий уровень радиоактивного загрязнения. Демонтажные работы внутри оболочки будут проводиться при помощи мостовых кранов системы основных кранов (СОК). Известные методологии монтажа мостовых кранов [1], [2] не могут быть использованы для «Укрытия-2» в силу особенностей конструкции защитной оболочки.

Постановка проблемы.

Защитная оболочка над местами крупных радиационных аварий должна выполнять две основные функции:

- герметизация радиоактивной среды в пределах объема оболочки;
- извлечение радиоактивных обломков для дальнейшей их транспортировки в специально оборудованные хранилища.

Функция извлечения будет возложена на систему основных кранов (СОК) общей массой около 1300 тонн, которая должна быть смонтирована к герметичному потолку арки на высоту 82 метра. Особенности конструкции защитной оболочки (металлическая арка из отдельных сегментов на шарнирных связях общей массой 20 тысяч тонн), требуют разработки новых методологий монтажа мостовых кранов внутри защитных оболочек над местами крупных радиационных аварий.

Цель статьи.

Провести анализ возможных методологий монтажа СОК внутри защитных оболочек над местами крупных радиационных аварий.

Основная часть.

Всесторонний анализ проектов защитных оболочек над местами крупных радиационных аварий оставляет для практической реализации только один вариант – подвижная арочная металлоконструкция. Почему такая конструкция должна быть подвижной и арочной? Высокий уровень радиации не позволяет вести долгосрочные строительные и монтажные работы в непосредственной близости от разрушенного энергоблока. Принимая во внимание факт ослабления мощности ионизирующего излучения пропорционально квадрату расстояния от его источника, работы по монтажу оболочки следует проводить на максимально возможном расстоянии от эпицентра взрыва. Для примера мощность дозы на расстоянии 50 метров от источника излучения будет в 2500 раз меньше, чем в метре от него. Но в своем эксплуатационном состоянии оболочка должна полностью закрывать радиоактивный объект, следовательно, необходимы направляющие бетонные ленты для перемещения защитной оболочки в зону ее эксплуатации с последующей герметизацией торцевых поверхностей.

Что касается геометрической формы оболочки, то сферическая поверхность является наиболее безопасной и эффективной для герметизации радиоактивных сред внутри своего объема и восприятия статических и динамических нагрузок, как с внутренней поверхности, так и с внешней.

Несмотря на удаленность монтажной зоны от эпицентра взрыва, радиоактивный фон на ее площади будет достаточно высоким, что не позволит вести на ее территории все сборочные работы.

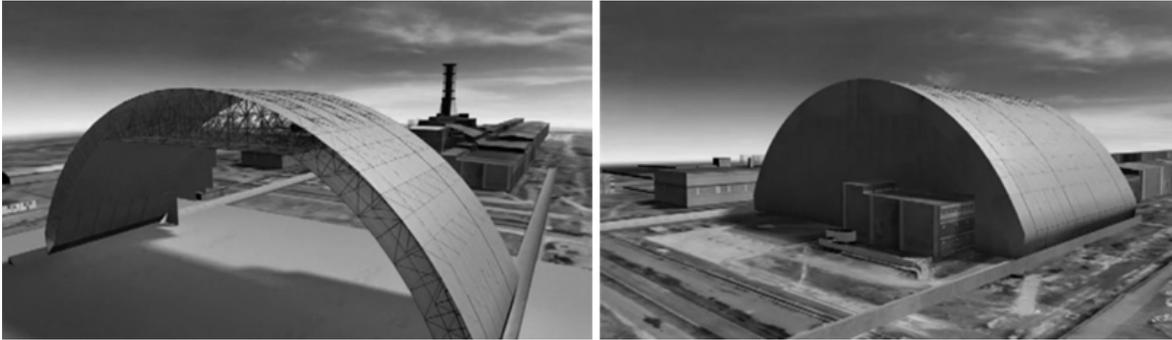


Рис. 1. Монтаж и продвижение защитной оболочки «Укрытия-2» [3]

Следовательно, арочная оболочка должна состоять из отдельных сегментов на шарнирных узлах, которые будут собираться на значительном удалении от эпицентра, а затем доставляться в монтажную зону для состыковки друг с другом и подъема в проектное положение.

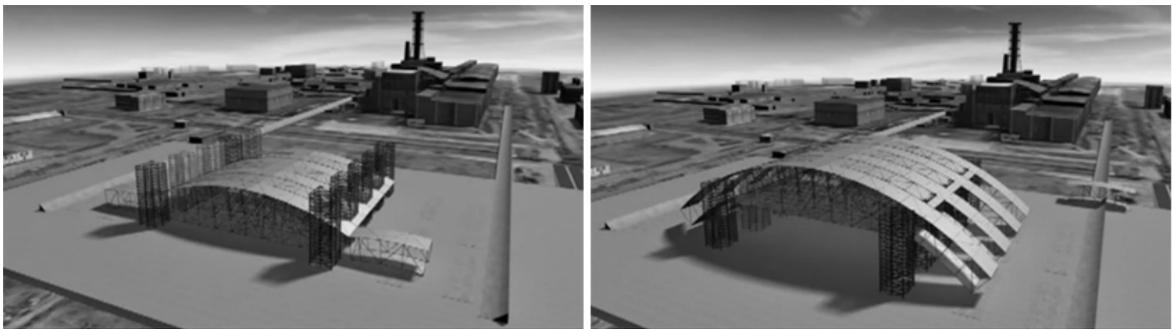


Рис. 2. Стыковка и подъем узлов оболочки в проектное положение

Принципы удаленного монтажа и арочной геометрической формы на шарнирных связях, будут основополагающими для всех защитных оболочек, вне зависимости от типа разрушенного реактора и его географического расположения.

Сама по себе защитная оболочка может решить проблему герметизации радиоактивной пыли, но не обеспечивает демонтаж и транспортировку радиоактивных конструкций разрушенного энергоблока. Эта функция возлагается на систему основных кранов (СОК).

Для удобной манипуляции разломанными крупномасштабными конструкциями необходимы два мостовых крана с грузоподъемными тележками. Проектные габариты кранов определяются площадью разрушений. К примеру, габариты одного мостового крана «Укрытия-2» составляют 95*12*6 метров. Масса крана с двумя тележками более 700 тонн. Высота работы тележек должна быть выше самой высокой точки разрушенного энергоблока на 7-10 метров. Для «Укрытия-2» верхняя точка СОК будет находиться на высоте 82 метра.

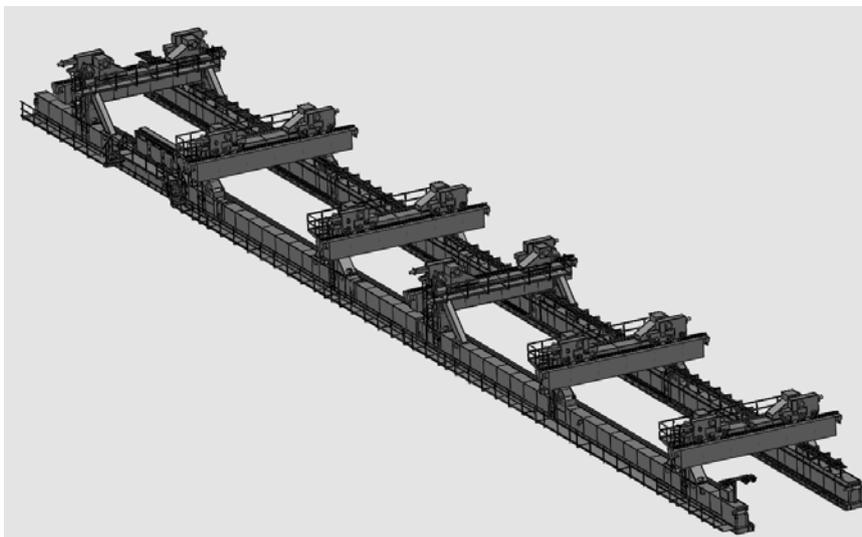


Рис. 3. Мостовой кран и один из рядов подкрановых балок СОК «Укрытия-2»

Основную проблему представляет монтаж мостового крана с уровня земли на подвесные крановые пути защитной оболочки, находящиеся на высоте 82 метра. Единовременно вместе с краном должны быть подняты две грузоподъемные тележки.

Все ограничения, которые влияют на выбор методологии монтажа СОК, проистекают из особенностей конструкции арочной оболочки. Первое ограничение состоит в том, что СОК не может быть смонтирована вместе с центральными сегментами арки, так как будут возникать огромные изгибающие моменты в шарнирных стыковочных звеньях арочных сегментов. Следовательно, подъем СОК необходимо осуществлять, когда арочная оболочка поднята в свое проектное положение.

Следующее ограничение состоит в невозможности использования подъемных устройств над уровнем арки, по той причине, что этот метод требует создания больших по площади технологических отверстий в герметичной оболочке арки. Большой вес, габариты и высота подъема СОК не позволяют использовать башенные краны для ее подъема.

В мировой практике для поднятия тяжелых крупногабаритных грузов используют гидравлические лебедки с вертикальной протяжкой тросов, так называемые «strand jack» [4].



Рис. 4. Монтаж сегментов подвесных мостов при помощи «strand jack» [5]

Принцип работы такой лебедки основан на автоматическом открытии/закрытии верхнего и нижнего зажимного устройства с протягиванием/фиксацией подъемного троса.

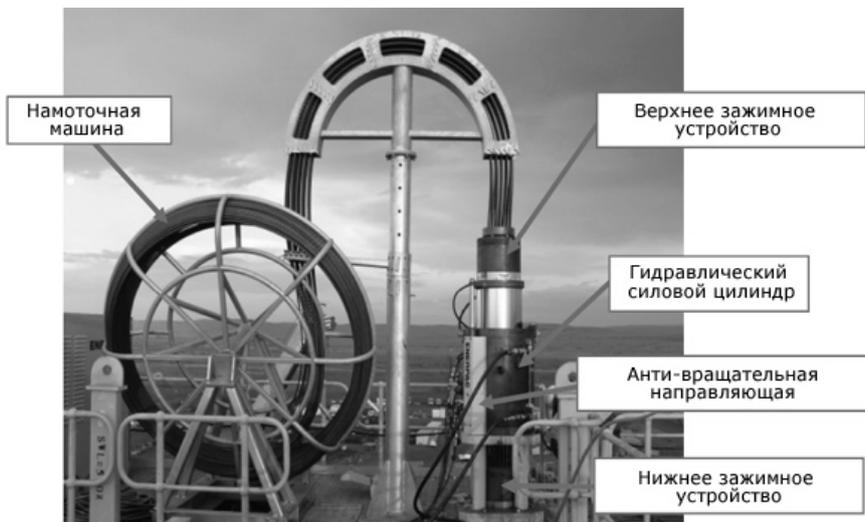


Рис. 5. Основные элементы «strand jack» [6]

Тяга груза обеспечивается выдвиганием верхнего зажимного устройства. Во время тяги, верхний зажим закрыт, жестко фиксируя трос, а нижний зажим открыт, давая возможность тросу протягиваться внутри лебедки, следуя за верхним зажимом. В верхней мертвой точке нижний зажим автоматически закрывается, фиксируя трос, а верхний зажим открывается. Затем, верхний зажим перемещается вниз за следующей «порцией» троса. В результате таких повторяющихся циклов весь трос оказывается вытянутым над лебедкой, а прикрепленный к нему груз оказывается на уровне низа лебедки.

Анализируя возможности подобного класса устройств можно предложить три возможных варианта подъема крупногабаритных грузов к потолку арки.

Первый способ – классический, когда система лебедок должна быть смонтирована вместе аркой, и находиться на уровне выше внутреннего потолка арки.

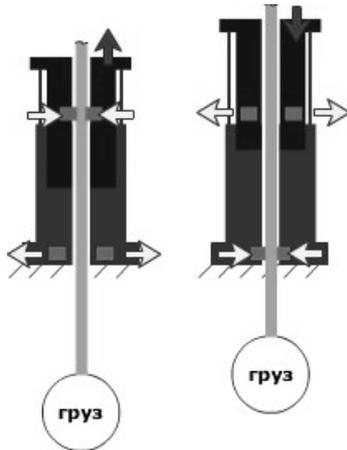


Рис. 6. Фазы работы гидравлической лебедки с вертикальной протяжкой тросов

Второй способ – когда лебедки находятся на уровне земли, а тросы переброшены через систему роликов, смонтированных внутри арки.

Третий способ – самоподъем лебедок. В этом варианте один конец троса жестко закреплен на уровне земли, а другой – на уровне потолка арки, то есть трос представляет собой жестко натянутую струну, проходящую через лебедку и груз. Нижний зажим лебедки перевернут вверх и упирается в нижнюю поверхность груза. Во время выдвижения верхнего закрытого зажима нижний зажим вместе с грузом будет перемещаться вверх относительно троса-струны. В этой фазе лебедка как бы растягивается относительно крайней точки выдвижного цилиндра. Затем нижний якорь фиксируется и лебедка «сжимается» относительно его положения, втягивая верхний зажим.

Третий способ не совсем привычен для восприятия, но имеет несколько серьезных преимуществ по сравнению с первыми двумя, а именно, он не требует собственного демонтажа после процесса подъема (как первый вариант) и работает без дорогостоящих роликовых систем как второй. К числу недостатков третьего варианта можно отнести отсутствие научных исследований по динамике подобных систем. Как будут себя вести натянутые тросы на различных высотах подъема? Насколько обеспечена безопасность управления системой, которая поднимается вместе с грузом? Все эти вопросы требуют всестороннего научного исследования с применением крупномасштабных стендов.

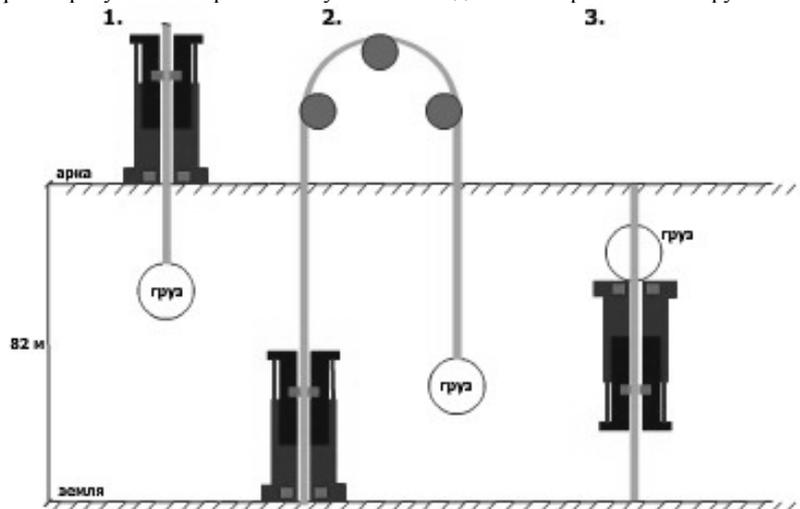


Рис. 7. Три варианта подъема тяжелых грузов к потолку арки

В настоящее время наиболее надежным представляется классический первый вариант. Для защитной оболочки это будет набор из двенадцати лебедок.

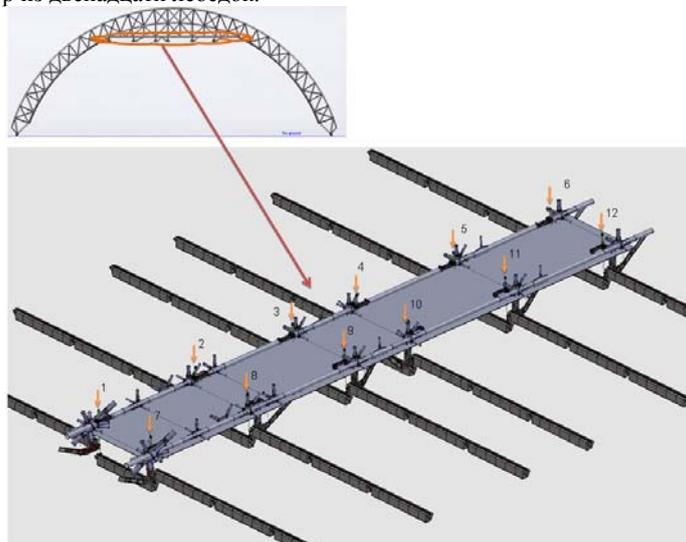


Рис. 8. Система подъема мостовых кранов для защитных оболочек

В применении к защитным оболочкам мостовые краны должны подниматься вместе с подкрановыми балками. Или выражаясь точнее, подниматься будут подкрановые балки, на которых лежит мостовой кран.

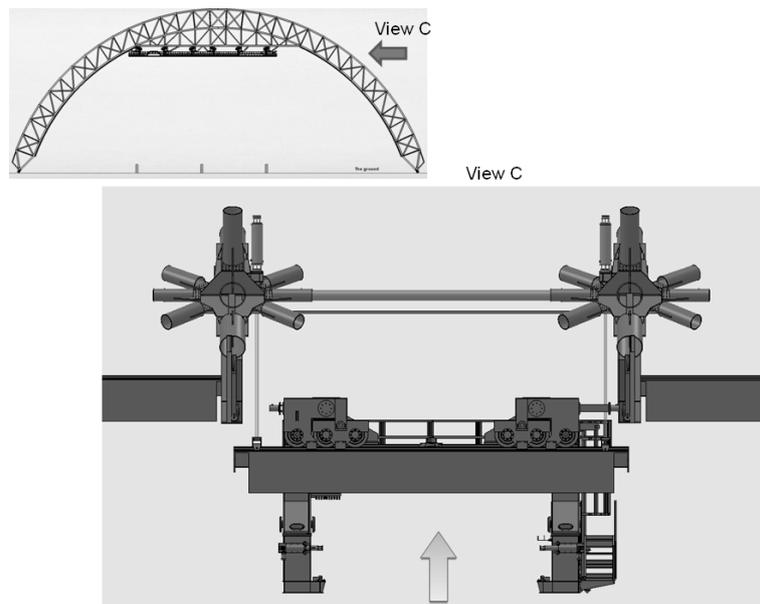


Рис. 9. Подъем мостового крана на подкрановых балках

Объем данной публикации не позволяет рассмотреть весь комплекс инженерных проблем, которые возникают при монтаже СОК. Не рассмотрена система подвижных подвесных опор для подкрановых балок, система выравнивания подкрановых балок, методология повторного подъема второго мостового крана и методология демонтажа «strand jack» после подъема СОК.

Выводы.

Для монтажа СОК защитных оболочек над местами крупных радиационных аварий наилучшим образом подходят гидравлические лебедки «strand jack», используемые по одному из трех вариантов, рассмотренных в данной статье. Наиболее эффективным представляется метод «самоподъема» «strand jacks» по натянутым тросам. По предварительным оценкам данный метод требует наименьших затрат на подготовку и демонтаж грузоподъемного оборудования после проведения работ. Так как метод «самоподъема» еще не применялся в подобных условиях, то для обоснования его безопасности и внедрения в практику требуются дополнительные научные исследования.

Систематизация инженерных проблем и решений на примере «Укрытия-2» позволит более эффективно вести строительство защитных оболочек над тремя разрушенными энергоблоками в Фокусима-II.

Полученный опыт может быть использован в недалеком будущем при развитии космической индустрии. Для строительства специальных предприятий на других планетах потребуются особые технологии подъема грузов в условиях мощных радиационных полей и ограниченного времени монтажных работ.

Список литературы.

1. М. П. Александров, Л. Н. Колобов, Н. А. Лобов, Т. А. Никольская, В. С. Полковников Грузоподъемные машины. Издательство «Машиностроение», 1986 г. 387 стр.
2. Б. П. Додонов. Грузоподъемные и транспортные устройства. Издательство «Машиностроение», 1984 г. 400 стр.
3. <http://www.guardian.co.uk/environment/video/2011/apr/19/novarka-chernobyl-reactor-arch-video>. Видео последовательности монтажа «Укрытия-2».
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Strand_jack Определение «Strand jack».
5. <http://www.dormanlongtechnology.com>. Монтаж сегментов крупногабаритных подвесных мостов реализованный фирмой Dorman Long Technology при помощи «strand jack».
6. <http://www.dormanlongtechnology.com>. Strand jacks in the construction industry.