

## Технологии реконструкции мостовых сооружений с применением буровой и резательной алмазной техники



к.т.н. И.Д.Сахарова, В.Ю. Казарян, ООО "НПП СК МОСТ"

В процессе строительного производства нередко возникает необходимость устранения ошибок, переделок, разборки части или всего сооружения.

При работах на железобетонных конструкциях до последнего времени удаление частей конструкций, образование отверстий, полную разборку сооружений выполняли и в большинстве случаев выполняют и сейчас с использованием отбойных молотков, гидромолотов либо другими разрушающими методами, приводящими к нарушению целостности конструкций в зоне воздействия. При работе отбойными молотками в бетоне образуются микротрещины, получить поверхность с ровными гранями и необходимыми размерами проблематично.

Использование этих средств связано с необходимостью перерыва на какой-то период времени движения транспортных средств по сооружению и под ним. Для уборки фрагментов разрушенных конструкций должны быть задействованы экскаваторы, бульдозеры, в большом количестве - автосамосвалы.

При расчленении конструкций гидромолотами использование разобранных элементов невозможно - они подлежат лишь утилизации как бетонолом, а подмостовое пространство при этом оказывается загроможденным кусками бетона, что



требует очистки акваторий рек под мостами и перерыва движения под путепроводами в период их разборки.

В ряде случаев перерыв движения, как по сооружению, так и под ним, недопустим, поэтому возникает необходимость выполнения работ в так называемые "окна", продолжительность которых невелика, а стоимость "окна", особенно при работе над железнодорожными путями, весьма значительна.

В 1993 году на отечественном строительном рынке появилась фирма "Хилти" (Hilti - Лихтенштейн), в арсенале которой имеется оборудование для алмазного бурения и алмазной резки.

Впервые в России технология алмазного бурения в мостостроении в большом объеме была применена авторами настоящей статьи (предприятие "НПП СК МОСТ") при реконструкции Автозаводского моста в г. Москве в 1994 г.

Алмазное бурение предназначено для получения прецизионных отверстий в анкерных соединениях, сквозных чистых отверстий в конструкциях при новом строительстве, но в основном при реконструкции сооружений.

При реконструкции Автозаводского моста необходимо было установить 96 новых арматурных пучков усиления, для чего требовалось пробурить соосно в верхней и нижней железобетонных плитах коробчатого пролетного строения овалы отверстия с максимальным диаметром 240 мм

глубиной порядка 1 м каждое (в зоне вутов балок), а также образовать в верхней плите ниши размером 400x400x300 мм для чугунных отливок, в которых происходил отгиб пучков.

Эти работы были выполнены с применением самой мощной на то время бурильной установки фирмы "Хилти" - ДЦМ-2.

При первом применении метода алмазного бурения многие вопросы были неясны и специа-листам фирмы "Хилти" - в частности, сможет ли буровая алмазная коронка бурить железобетон мостовых конструкций, густо насыщенный арматурой.

Практика показала эффективность применения бурильной техники на множестве мостовых объектов, подлежащих реконструкции.

Так, на мосту через р. Москву в районе Щукино - Строгино при аналогичном Автозаводскому мосту усилению было пробурено в несущих конструкциях пролетных строений более 5,5 км отверстий диаметром от 52 до 202 мм для пропуска пучков усиления через поперечные балки пролетного строения толщиной 3 м и постановки анкеров усиления в объединении нижней плиты и стенок коробчатых балок.

В настоящее время буровые работы предприятие "НПП СК МОСТ" выполняет с использованием бурильных установок фирмы "Хилти" нового поколения.



В зависимости от марки установки, а соответственно, и ее мощности, возможно проводить бурение отверстий различных диаметров от 25 до 750 мм.

При выполнении буровых работ в зону резания подается вода. Особняком в арсенале бурильных установок стоят установки ДД-400Е и ДД - 750НУ. Установки могут использоваться для бурения под углом, имеется установка для бурения вверх и для подводного бурения.

Ориентировочные показатели производительности: при бурении отверстий

диаметром 250 мм в бетоне среднего уровня армирования - около 5 см/мин.

Наиболее ярким примером использования технологии алмазного бурения при реконструкции является не имеющий аналогов в мировой практике способ уширения городского моста через р. Оку в г. Орле, построенного в 1968 году.

Еще до реконструкции Московской кольцевой дороги, при которой разборка пролетных строений и опор получила массовый характер, возникла необходимость демонтажа пролетного строения и опор на путепроводах МКАД через Волоколамское шоссе и железную дорогу Москва - Рига.

Проект реконструкции путепровода разработан институтом Мосинжпроект, работы по реконструкции выполняла подрядная строительная организация - Мостоотряд №90 ОАО "Мостотрест".

В 1994 г. впервые в стране предприятие "НПП СК МОСТ" предложило для разборки железобетонных путепроводов технологию разрезания конструкций гидравлическими установками производства фирмы "Хилти" (Лихтенштейн), режущими органами которых являются стальные диски с алмазными гранями.

Пролетные строения путепроводов через Волоколамское шоссе, железную дорогу Рижского направления пролетами 19,6 м, построенных в 1961г. по проекту Союздорпроекта, выполнены из двутавровых железобетонных балок, объединенных в поперечном направлении предварительно напряженными арматурными пучками с шагом 500 мм. Толщина плиты проезжей части вместе с конструкцией дорожной одежды, подвергавшейся неоднократным ремонтам путем укладки дополнительных бетонных слоев, достигала полуметра.

Для демонтажа балок пролетное строение расчленили на продольные элементы (балки с участками плиты проезжей части) путем выполнения резов по середине плиты между балками режущим диском диаметром 1600 мм, позволяющим производить разрезку железобетона на глубину до 740 мм. Ширина сквозного отверстия между балками после разрезки составляет 3 м. После расчленения пролетного строения на части его ширины (по другой части сохранялось движение транспортных средств по МКАД) в короткие по продолжительности "окна", преимущественно в ночное время, производили демонтаж балок крановым оборудованием и балковозами транспортировали их в место утилизации.

В процессе резки железобетона дисками с алмазными гранями необходимо производить их охлаждение водой, которая подается в зону резания. По технике безопасности попадание направленной струи воды на контактный провод недопустимо, поэтому над каждым контактным проводом были подшиты водоотводящие лотки.

Сложность разборки путепровода через железную дорогу усугублялась тем обстоятельством, что, в отличие от путепровода через автомобильную дорогу, балки пролетного строения были объединены монолитными диафрагмами, высота которых составляет 1500 мм, и разрезать их диском не представлялось возможным. Поэтому расчленение диафрагм выполняли с помощью буровых установок фирмы "Хилти" с использованием длинных буров с алмазными гранями, имеющими диаметр (202 мм), превышающий толщину диафрагм.

Демонтаж балок производили в "окно" двумя 100 - тонными кранами.



На этих двух путепроводах была отлажена технология разборки сооружений с применением "алмазной техники", которая в дальнейшем при реконструкции МКАД и сооружений в других регионах страны получила широкое применение в

мостостроительной практике.

На большей части сооружений МКАД, демонтированных с использованием этой технологии, работы были выполнены стационарными резательными установками. Принцип их работы заключается в том, что по закрепленному на конструкции рельсу поступательно перемещается головка машины с насаженным на ось головки диском, приводимым во вращение гидроагрегатом. Скорость вращения диска достигает 1600 об/мин. Машина имеет дистанционное управление.

На ряде объектов расчленение конструкций производили самоходной резательной машиной фирмы "Гидростресс". Скорость резания самоходной машиной существенно выше.

Кроме резки железобетонных конструкций дисковыми пилами получила применение технология резания с использованием каната с алмазными сегментами цилиндрической формы. Бесконечный замкнутый в кольцо канат, закрепляемый на направляющих роликах, приводится в действие гидравлической установкой и производит разрезание конструкции, постепенно углубляя плоскость резания (аналогично разрезанию бруска масла металлической струной).

Использование алмазного каната позволяет производить разрезание недоступных для непосредственной установки механизмов конструкций, в том числе - под водой. Скорость резания достаточно высока. Этим методом произведена разборка устоев на мосту через р. Москву у с. Беседы на МКАД, на мосту через р. Шексну в Вологодской области, элементов опор Молитовского моста в г. Нижнем Новгороде, здания "Роснефть" и других объектов.

На завершающем этапе реконструкции МКАД резко сократились сроки строительства сооружений. На разборке отдельных путепроводов эти сроки составляли 5 - 6 суток.



ООО "НПП СК МОСТ" для разборки пролетного строения путепровода из плитных элементов также впервые в стране предложило технологию расчленения конструкции с использованием малогабаритных мощных клиновых домкратов фирмы "Гидростресс" (батарея из четырех домкратов развивает усилие 1000 тс).

Сущность метода состоит в том, что по линии расчленения с помощью буровых установок бурят



отверстия диаметром, соответствующим диаметру клинового домкрата. В отверстия устанавливают домкраты, с помощью которых производят разрыв конструкции. Этот метод, примененный на трехпролетном путепроводе 18 км МКАД, позволил без остановки движения под путепроводом произвести его разборку за 6 суток. Метод применен не ряде сооружений МКАД и в других регионах страны. С применением клиновых домкратов "НПП СК МОСТ" выполнило разборку опор ряда мостов, в Лефортовском тоннеле произведена разборка технологического стола, на котором была выполнена сборка проходческого щита, разобраны перемычки между стенами из буросекущих свай в котловане части тоннеля, сооружаемого открытым способом, а также основание подпорной стенки набережной р. Яуза. Метод отличается наибольшей простотой и наиболее дешев в исполнении.



При реконструкции сооружений в процессе демонтажа приходится решать инженерные

задачи, связанные с сохранением статической схемы сооружения во избежание обрушения конструкций. Ярким примером такого инженерного решения может служить демонтаж путепровода через МКАД у с. Беседы.

В 1962 г. на этом путепроводе впервые в СССР был опробован метод уравновешенного навесного монтажа, при котором Т-образная рама была возведена поочередным навешиванием сборных блоков с каждой стороны опоры. Этот метод впоследствии получил за рубежом название "русского метода".

Демонтаж этого путепровода, выполненный предприятием "НПП СК МОСТ" по разработанной Союздорнии технологии разборки с применением резательного оборудования, был осуществлен путем поочередного симметричного относительно опоры удаления элементов Т-образной рамы.

Применение перечисленных технологий позволяет выполнять работы по реконструкции, как правило, с сохранением движения по части мостового сооружения и под ним, используя для выполнения тех или иных видов работ минимальное пространство для размещения оборудования, как, например, погружной пилы при разборке надарочного строения моста Нижегородской ГЭС (ширина площадки 30 см, за ней - движение транспортных средств на половине моста).



## **Разрезка железобетонных сооружений с целью замены или утилизации на примере реконструкции моста им. 800-летия г. Вологды через реку Вологда в г. Вологда**

В. Б. Вахрушев, главный инженер ОАО "Мостоотряд № 61"

История вопроса.

Мост им. 800-летия г. Вологды расположен в центральной части г. Вологды. Это один из двух городских мостов.

Мост сдан в эксплуатацию в 1961 году. Проект моста разработан проектным институтом "Гипрокоммундортранс", г. Москва, построен Мостопоездом № 809 Мостостроительного треста № 6 Минтрансстроя.

Схема моста - 8,66+32,0+64,0+32,0+8,66м.

Габарит - Г 9,1+2х1,9м.

Пролетные строения:

крайние - L=8,66м разрезные, балочные по типовому проекту "Союздипроекта" выпуск 56Д; средние три пролета - балочно-консольные с подвесными пролетными строениями коробчатого трехъячеистого сечения из монолитного железобетона.

Опоры:

устои - свайные, до 1977 года - на деревянных сваях, в 1977 году были переделаны на железобетонные с забивными сваями.

промежуточные опоры - монолитные железобетонные на забивных железобетонных сваях.

Проезжая часть с оклеечной гидроизоляцией, защитным слоем из монолитного железобетона и асфальтобетонным покрытием.

Тротуары повышенного типа с расположением в них городских коммуникаций.

Средние пролетные строения бетонировали на сплошных подмостях. После раскружаливания в период с февраля по сентябрь 1961 года прогиб среднего руслового пролета достиг величины 25 см с одновременным поднятием береговых консолей. Проектным институтом было принято решение о пригрузке береговых консолей противовесами по 40т на каждую консоль, для чего в крайние отсеки береговых консолей был загружен камень необходимой массы. Результатом этого мероприятия впоследствии было образование силовых трещин в стенках в приопорных сечениях. Прогиб руслового пролетного строения, тем не менее, продолжал нарастать и на момент обследования в 1998 году составлял уже 41 см. В результате деформации пролетного строения произошло заклинивание пролетного строения в устоях моста, угон катков подвижных опорных частей. В пролетном строении образовались характерные силовые трещины с тенденцией их

дальнейшего развития. В 1998 году по проекту института "Гипростроймост Санкт-Петербург" Мостоотряд №61 произвел усиление надпорных участков установкой напрягаемой арматуры (по 42 стержня на опору с усилием натяжения по 3 тс на каждый стержень) и усилил таким же образом сломанную опору №4. Это мероприятие, носившее временный характер, позволило сохранить, хотя и с ограничением, движение по мосту в течение 5-7 лет, до принятия более кардинальных решений.



В 2002 году обследование показало, что принятое решение по конструкции усиления было правильным, но поскольку прирост напряжения в дополнительной арматуре составил примерно по три тонны - дальнейшая безопасная эксплуатация моста была под угрозой.

В 2003 году была начата полная реконструкция мостового перехода, одним из этапов которой и является разборка старого моста. После пуска движения по 1-й очереди нового моста Мостоотряд №61 приступил к этой работе.

Хочется отметить, что до сих пор Мостоотряд №61 разбирает в основном металлические пролетные строения как железнодорожных (пролетом до 110 м), так и автодорожных мостов (130 м - мост через реку Шексна) и железобетонные сборные и монолитные пролетные строения длиной до 22м на мостах постройки 50-60 гг. прошлого века. Пролетных строений такого типа, как на данном мосту, разбирать не приходилось.

Проект разборки моста был разработан ЗАО "Гипростроймост-Санкт-Петербург". После анализа проектной документации учли местные особенности, а именно:

1. разборка пролетного строения должна вестись в межнавигационный период ноябрь-март,
2. потеря проектной и исполнительной документации на старый мост,
3. фиксированная сметная стоимость разборки,
4. отсутствие надежного льда в русле до января,
5. обеспеченность оборудованием для разборки.

Была принята и осуществляется сегодня следующая технология разборки пролетного строения:

а) для обеспечения устойчивости разбираемого пролетного строения узлы опирания подвесных пролетных строений на консоли и сами консоли подперли временными опорами. В крайние отсеки береговых консолей загрузили по 140 т камня с образованием противовесов по 180 т на каждую консоль. О средних временных опорах, подпирающих среднюю часть руслового пролета, будет речь далее;

б) параллельно с устройством временных опор было снято асфальтобетонное покрытие,

демонтированы перила и срезаны тротуарные консоли с верхней и нижней сторон моста;

в) со среднего участка руслового пролета ( $l=30\text{м}$ ) были сняты защитный и выравнивающий слои;

г) основные работы по демонтажу пролетного строения.

Следует отметить, что для реализации проекта были приняты два главных постулата:

1. В любой момент разборки пролетного строения не допускать прироста напряжения в пролетном строении более бытового (эксплуатационного).

2. В любой момент разборки не допускать резкого скачка напряжений, даже в пределах более низких по сравнению с бытовыми напряжениями.

Для выполнения этих принципов и были установлены две дополнительные опоры под среднюю часть руслового пролетного строения.

В этом случае, как показали поверочные статические расчеты, в корне прямого участка при размыкании конструкции не возникают напряжения более бытовых и тем более - скачек напряжения. Это и подтвердилось в процессе работ.

Вышесказанные принципы были заложены в последовательность и технологию разборки средней части руслового пролетного строения, как наиболее напряженного и опасного участка, с точки зрения производства работ.

Сначала вырезали и демонтировали верхние и нижние плиты на фасадных коробках этой части пролетного строения с сохранением средней коробки.

Дальше производили разрезку пролетного строения по фасадным стенкам в средних панелях последовательно с окончательным размыканием фасадных стенок, когда оставался только нижний пояс. Таким образом, на момент размыкания снимается как можно больше нагрузки.

После демонтажа фасадных коробок средней части приступили к демонтажу средней коробки на этом участке пролета, опять-таки последовательно снимая нагрузку с разрезанной части.

Кстати, при окончательном размыкании пролетного строения никаких ощутимо заметных подвижек или деформаций пролетного строения не обнаружилось.

Дальнейшая разборка уже велась более широким фронтом одновременно в обе стороны, т.е. последовательно к русловым опорам разбирался пролет в пределах русла.

После демонтажа противовесов (выгрузка камня) демонтировали подвеску укрупненными блоками, и последним этапом производили демонтаж консоли береговой части.

Дальнейшая разборка береговых пролетов не представляет затруднений. К разборке промежуточных опор мы приступили уже после прохода паводка.

Всего на мосту требовалось разобрать 2150 куб. м железобетона, из них на конец марта демонтировано примерно 1000 куб. м.

Достигнутые темпы разборки:

декабрь - проезжая часть, тротуарные консоли, верхние плиты фасадных коробок средней части;

январь - начало февраля - средняя часть руслового пролета;

февраль - начало марта - русловые консоли;

март - подвесное пролетное строение и оставшиеся части консоли на левом берегу, подвесное пролетное строение и консоль на правом берегу.

Таким образом, темп разборки нарастал от 150-200 м. куб. в январе до 350-400 куб. м в марте.

Для разборки пролетного строения применяли следующие машины и оборудование:

Экскаваторы с гидроклином;

отбойные молотки как с пневмо-, так и с электроприводом;

крановое оборудование:

кран ХИТАЧИ грузоподъемностью 40 тс.

кран КАТО грузоподъемностью 50 тс.

кран КРАЯН грузоподъемностью 30 тс.

современное оборудование для алмазной резки:

стенорезные машины Hilti и Hidrostress

канатные пилы Hidrostress и Cedima.

буровые установки Hilti, Hidrostress и Cedima.

гидравлические кусачки Hidrostress.

Современная техника алмазной резки показала себя очень эффективно, несмотря на плохие погодные условия и тяжелый густоармированный железобетон. Темпы резки и применение ограничивались только специфическими условиями работы, грузоподъемностью кранов и низкой температурой воздуха.

Хочется отметить и поблагодарить за большую работу, проводимую на этом сложнейшем участке, "НПП СК МОСТ".

Достоинства оборудования для алмазной резки:

1. Легкость монтажа и обслуживания.

2. Высокая скорость резанья.

3. Возможность разрезки на любые монтажные блоки.

В то же время - проблемы:

1. Очень дорогостоящее оборудование и расходные материалы (один диск диаметром 800мм - 50 тыс. руб., его хватает на 20-25 кв. м реза).
2. Очень энергоемкое оборудование (стенорезная машина - 42 кВт, если одновременно запустить все, то больше 100 кВт).
3. При низких температурах - проблема подачи воды.

Основные выводы.

1. Проблема разборки мостовых сооружений в России становится с каждым годом все острее. Поэтому без применения современного высокоэффективного оборудования и технологий эту проблему не решить.
2. Современное импортное оборудование эффективно, но очень дорогостоящее с точки зрения действующей нормативной сметной базы, и экономически непривлекательно. Необходимо в самое ближайшее время разработать и внедрить нормативно-сметную базу для применения этой современной техники.
3. Необходимо уменьшить энергоемкость применяемого оборудования, повышать его автономность, поскольку работы могут вестись в более жестких по энергопотреблению условиях. Учитывая суровые условия Российского Севера, необходимо продумать и решить проблему охлаждения режущего инструмента без применения замерзающих жидкостей.
4. Более широко наладить сервис по обслуживанию оборудования с жесткими сроками исполнения и ремонта, особенно в период работ.
5. Учитывая возросшие потребности рынка, рекомендовать мостостроительным организациям приобретать и широко использовать оборудование для алмазной резки (и не только для разборки железобетона).
6. Продумать и повсеместно внедрить оборудование для утилизации отходов от разборки железобетона с учетом экономической привлекательности этой работы.



**РАЗРЕЗАНО И УТИЛИЗИРОВАНО  
БОЛЕЕ 60 СООРУЖЕНИЙ**