

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №3, Том 13 / 2021, No 3, Vol 13 <https://esj.today/issue-3-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/28SAVN321.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Спаена М., Овчинников И.И. Экологичные способы демонтажа железобетонных конструкций // Вестник Евразийской науки, 2021 №3, <https://esj.today/PDF/28SAVN321.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Spayena M., Ovchinnikov I.I. (2021). Eco methods of dismantling reinforced concrete structures. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3(13). Available at: <https://esj.today/PDF/28SAVN321.pdf> (in Russian)

Спаена Меруерт

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Строительный институт
Магистрант базовой кафедры АО «Мостострой-11»
E-mail: mspaena@gmail.com

Овчинников Илья Игоревич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Строительный институт
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Доцент базовой кафедры АО «Мостострой-11»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: bridgeart@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8370-297X>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=177132

Экологичные способы демонтажа железобетонных конструкций

Аннотация. Транспортная инфраструктура в мире развиваются довольно быстро. Однако по мере достижения предела несущей способности железобетонных конструкций становится необходимым частичный или полный демонтаж сооружения для более широкого и эффективного использования пространств городов, а также для расширения самого моста для увеличения пропускной способности. В зависимости от того, к какому виду относится мост, подлежащий демонтажу, выбирается и способ демонтажа, каждый из которых имеет свои индивидуальные особенности реализации, связанные с такими факторами как месторасположение, размерные показатели моста, его физическое состояние и т. д. В статье автор сообщает о зарубежном опыте разработки технологий, которые могут быть успешно применены для утилизации строительного мусора. Автор статьи перечисляет и описывает ряд традиционных и экологически чистых методов и оборудования для демонтажа сооружений из железобетона, их достоинства и недостатки, а также информирует о реальных проектах и опыте демонтажных работ на текущий период.

Ключевые слова: методы демонтажа; мостовые сооружения; экологическая безопасность; загрязнение; строительный мусор; методы производства работ; ручной способ демонтажа; механизированный способ демонтажа

Введение

Мосты играют жизненно важную роль в автомобильных и железнодорожных сетях во всем мире. Они часто подвергаются изменяющимся схемам нагрузки, то есть увеличению нагрузки на ось и интенсивности движения со временем, а иногда и суровым условиям окружающей среды, что может привести к потере их функциональности. Согласно отчетам, опубликованным дорожными и железнодорожными властями, многие мосты в разных странах считаются либо конструктивно несовершенными, либо устаревшими. Например, около 9,5 тыс. мостов в России (7 % от общего количества) на сегодняшний момент находятся в аварийном и предаварийном состоянии.¹ В США 122 тыс. мостов из 615 тыс. мостов в стране нуждаются в модернизации. Аналогичная проблема существует в Европе, где 66 % мостов старше 50 лет [1].

Безусловно, демонтажные работы на мосту, пришедшему в негодность, следует осуществлять незамедлительно, т. к. продолжение эксплуатации подобного сооружения может быть чревато большими рисками для безопасности людей и окружающей среды, а последствия аварий, связанных со сносом – серьезны. Что так же говорит о необходимости учитывать предотвращение негативного воздействия строительного мусора во время сноса и демонтажа мостов.

Демонтаж мостовых сооружений может осуществляться разными способами. Например, такими, как разборка на подмостях, демонтаж с использованием плавсредств, подрыв, сбрасывание с постоянных или временных опор и другие способы. Каждый из этих способов имеет свои особенности, достоинства и недостатки, которые часто зависят от места и времени производимых работ [2]. Традиционные и экологически чистые методы и оборудование для сноса становятся все более важными проблемами при обсуждении программ восстановления и обслуживания зданий и сооружений.

Традиционные методы демонтажа

Выбор метода демонтажа зависит от многих факторов, таких как конструктивные особенности сооружения, фактическое месторасположение моста, инфраструктура, размещение технических коммуникаций, стоимость работ и т. д.

В проектах по демонтажу сооружений безопасность имеет первостепенное значение среди этих ключевых факторов, которые необходимо учитывать. Например, при демонтаже конструкции сверху вниз нельзя вырезать или удалять опоры на нижнем уровне, пока не будут завершены работы на верхнем уровне [3]. Необходимо правильно подбирать метод производства работ, чтобы не нанести вред окружающей среде и не нарушать привычный ритм жителей населенных пунктов. Мосты или путепроводы, пересекающие экологически уязвимые водные пути, возможно, придется демонтировать с использованием более «чистых» методов, чтобы избежать негативное воздействие от строительного мусора.

Как показывает практика, при демонтажных работах порой имеются труднодоступные места для тяжелой техники и оборудования, поэтому ручной демонтаж с помощью алмазной резки или промышленного альпинизма в данной ситуации порой бывает единственно верным решением проблемы. Безусловно, плюсом демонтажа вручную является аккуратность и точность. Однако необходимо заранее рассчитывать шумовое давление и подбор соответствующего оборудования для данного технологического процесса [4].

¹ Единый транспортный портал // Электронный ресурс Trans.ru URL: <https://trans.ru/news/v-rossii-okolo-95-tis-mostov-nahodyatsya-v-avariinom-sostoyanii> (дата обращения 20.05.2021).

Механизированный способ демонтажа железобетонных конструкций подразумевает использование различных видов спецтехники: гидромолота, гидронулца, кранов, грузоподъемного оборудования, экскаваторов и транспорта для вывоза строительного мусора.

Экскаватор-разрушитель со специальным навесным оборудованием, таким как гидравлические ножницы или гидравлические молоты, используется почти для всех мыслимых работ по сносу, от демонтажа пролётного строения небольших мостов до разрушения фундаментов оснований. Данная техника успешно заменяет когда-то доминирующие гусеничные краны и краны-шары для демонтажа и сноса.

Из преимуществ экскаватора-разрушителя можно выделить следующее:

- гибкость, удобство использования, хорошая маневренность, способность зачищать и разрезать стальную арматуру;
- его можно использовать для разрушения всех видов железобетонных конструкций и горных пород [5];
- во многих случаях стоимость демонтажных работ при использовании экскаватора-разрушителя ниже, чем при подрывном сносе.

Тем не менее, основными недостатками использования подобных экскаваторов являются шум, пыль и вибрация во время демонтажных работ, а также множество скрытых опасностей, описанных в источнике [6].

Гидродемонтаж или водоструйная очистка включает использование водяной струи, нагнетаемой под высоким давлением. При демонтаже этот процесс используется для вырезания бетона вокруг стальных арматурных стержней.

Так, струя воды под высоким давлением (около 250–300 Мпа) с выходом из сопла диаметром около 0,3–0,5 мм может прорезать простой бетон за счет абразивного истирания [7].

К преимуществам водоструйной очистки можно отнести:

- минимальные трудозатраты, низкий уровень шума, высокая производительность, отсутствие вибрации, минимизация пыли и опасности пожара;
- очищенная, но неравномерная поверхность бетона обеспечивает хорошее сцепление с новым бетоном, если демонтаж является частичным [8].

Однако недостатками являются дороговизна метода, необходимость большого количества воды и ее своевременного отвода со строительной площадки, т. к. вода смешана с мусором. Кроме того, иногда крупные фрагменты заполнителя и другой мусор могут выплеснуться из сопла со значительной силой. Эта опасность требует, чтобы оператор носил соответствующую защиту и не допускал попадания в зону резки остального персонала [9].

Гидравлический разделитель или гидроклин [10] применим в демонтажных работах из-за низких характеристик прочности бетона на растяжение. Усилие распора, создаваемое гидроклином, достигает сотен тонн, которое вызывает разрушение бетона.

Суть метода: в бетонной конструкции просверливаются отверстия диаметром 3–6 см, клин разделителя вставляется в отверстие, и последующее гидравлическое давление заставляет бетон расширяться и расколоться на части (рисунок 1).

Преимущества применения гидроклина:

- это точность демонтажа, приемлемая дешевизна, высокая степень безопасности, непрерывная работа без перебоев, безопасность;

- он тихий и не вызывает вибрации или пыли, кроме той, что образуется при просверливании отверстий для клина. Этого можно избежать, пробивая отверстия с помощью алмазного корончатого станка, но с гораздо более высокими затратами [11].



Рисунок 1. Гидравлический клин С9 компании DARDA в работе (фото авторов)

Недостатки применения оборудования:

- при удалении поверхностей из массивных бетонных конструкций контроль глубины плоскости трещины несколько ограничен;
- для демонтажа конструкций часто требуются вторичные средства разрушения, чтобы повысить эффективность работы.

Технология направленного взрыва актуальна для быстрого демонтажа сооружений с минимальными финансовыми вложениями.

Суть метода: в несущих конструкциях просверливают отверстия, куда закладывают взрывчатое вещество, обычно шпур бурят под диаметр тротиловой буровой шашки – 30 мм. В запальные гнезда шашек каждого заряда вставляют электродетонаторы ЭДП и соединяют их в одну электровзрывную сеть, тем самым после окончания подготовительных работ все сооружение оказывается опутанным шнурами для детонации, которые присоединяются к единому пульту. Эмпирическая оценка, основанная на навыках и опыте оператора, является основой для проектирования взрывных работ. Последние достижения в проектировании взрывных работ включают использование признанных формул и расчетов, которые определяют положение, угол и глубину ствола скважины, а также размер заряда, зависящий от объемов и степени разрушения конструкции.

Но из-за опасностей, связанных с обращением и использованием взрывчатых веществ, взрывной демонтаж считается наиболее опасным, и требует более строгого контроля, чем любые другие методы демонтажа.

Преимуществом данного метода является высокая скорость и эффективность, низкая стоимость работ [12]. Подготовка к взрыву сооружения занимает меньше времени по сравнению с другими методами демонтажа.

Тем не менее, чрезмерная вибрация грунта при взрыве может повредить соседние сооружения, а воздушный поток может вызвать поверхностное повреждение, например, разбитие окна.

В связи с быстрым развитием взрывных технологий технические параметры таких работ ограничиваются и дополняются другими вспомогательными мероприятиями, такими как устройство защитного навеса или укрытия [13].

Примером эффективного использования взрывчатых веществ является проект по демонтажу моста Саншайн-Скайвэй имени Боба Грэма [14] через залив Тампа в штате Флорида,

США (рисунок 2). Демонтировались 61 200 м³ бетона и 6 800 тонн конструкционной стали. Стальная ферма моста, как и железобетонные опоры, была снесена с использованием большого количества взрывчатки, заложенной в буровые скважины. Чтобы предотвратить нанесение вреда морской жизни, перед взрывом пирсов ниже уровня воды были приняты особые меры предосторожности. Он состоял из взрыва небольших зарядов для отпугивания морских обитателей (рисунок 3).

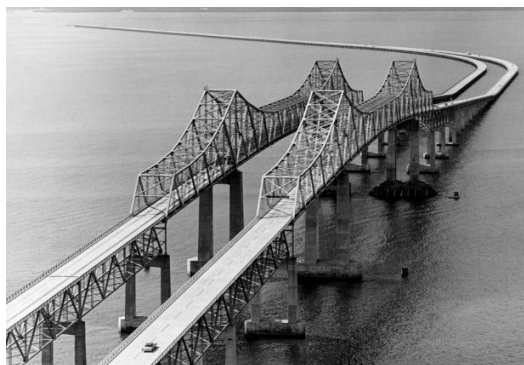


Рисунок 2. Мост Саншайн-Скайуэй имени Боба Грэма, 1987 г.
(источник электронный ресурс URL: <https://greenbenchmonthly.com/st-petersburg-history/history-of-the-sunshine-skyway/>, дата обращения 21.05.2021)



Рисунок 3. Процесс подрыва железобетонных опор моста Саншайн-Скайуэй имени Боба Грэма (источник электронный ресурс URL: <https://www.youtube.com/watch?v=zYVJaE2wUvQ>, дата обращения 22.05.2021)

Экологические технологии демонтажа железобетонных мостов

В настоящее время большинство реализуемых проектов по сносу и демонтажу являются сложными по своей природе, требующими профессиональных навыков ведения работ, опыта и в некоторых случаях точности расчетов. Кроме того, оказали большое влияние на выбор методов сноса и демонтажа ужесточение законодательства и растущее коммерческое и экологическое давление.

Анализ традиционных способов демонтажа железобетонных конструкций показывает множество недостатков, таких как трудоёмкость, привлечение больших человеческих ресурсов, затраты на время и обеспечение безопасности производства работ, негативное ударное воздействие на фундаменты и основания ближайших зданий и сооружений, высокий уровень шума, вибрации и запыленности и т. п. [15]. Поэтому технологии экологичного демонтажа железобетонных конструкций сейчас имеют широкое распространение и развитие в строительной индустрии.

К новым экологически чистым технологиям демонтажа относятся:

- метод индукционного нагрева;

- электрогидроимпульсный способ разрушения;
- интеллектуальная робототехника.

В методе индукционного нагрева используется индукционная катушка, которая работает на переменном токе. Созданный магнитный поток замыкается через арматуру железобетона и нагревает его токами Фуко до температуры 300–500 °С. Из-за резких температурных перепадов между арматурой и бетоном возникают глубокие трещины, понижающие прочность бетона настолько, что последний может быть разрушен легким ударом молотка. Этот метод упрощает и ускоряет процесс подготовки железобетонных изделий к демонтажу, увеличивает производительность, обеспечивает полное отделение бетона от арматуры.

Для разрушения железобетонной конструкции (рисунок 4) намагничивающая обмотка 1 охватывает всю разрушаемую конструкцию 2. Магнитный поток возникает во всей рабочей арматуре, и нагрев происходит по всему сечению конструкции.

Метод был испытан японскими исследователями в 1978 году, для этого были применены магниты С-образной формы. Исследователи создали переменное магнитное поле, используя плоскую катушку вихревого тока, задавая частоту 3 Гц, 32 Гц и 200 кГц, а мощность 100 кВт и 200 кВт, которая использовалась для нагрева образца с бетонным покрытием 100 мм и диаметром стальной арматуры менее 35 мм. При подаваемой мощности в 200 кВт скорость повышения температуры оказалось намного выше, чем при 100 кВт. Результаты испытаний показали отсутствие существенной разницы между частотами 3 Гц, 32 Гц и 200 кГц [16]. Однако данный метод имеет ряд недостатков:

- индукционные нагреватели дороги;
- необходимость разработки соответствующего метода охлаждения нагревательного змеевика;
- для прогрева стальной арматуры под толстым бетонным покрытием требуется мощное оборудование.

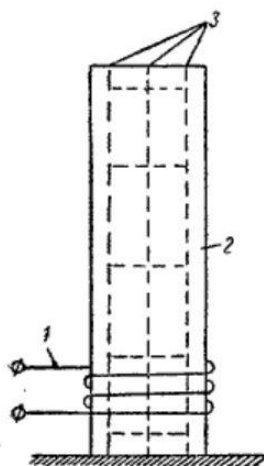


Рисунок 4. Схема расположения намагничивающей обмотки на отдельностоящей железобетонной конструкции (источник электронный ресурс URL: <https://patents.su/2-75369-sposob-razrusheniya-zhelezobetonnykh-konstrukcij.html>, дата обращения 25.05.2021)

Электрогидроимпульсный способ разрушения был определен как один из механизмов фрагментации с минимальным воздействием на окружающую среду [17–18]. В этом методе используется пара электродов, помещенных в бетон, и используется жидкостно-электрический

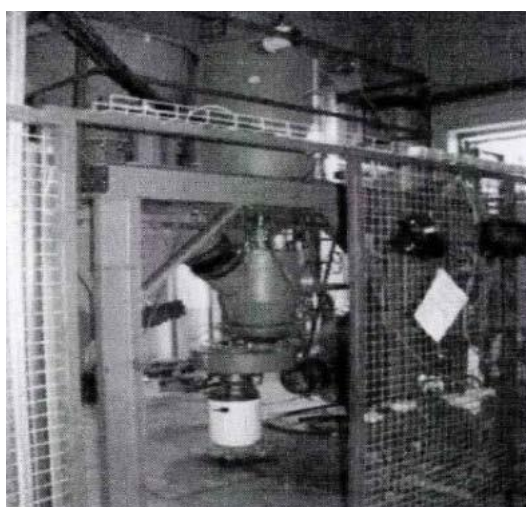
эффект или взрыв предохранителя для создания механического воздействия, а при приложении высоких частот и давлений температура жидкости или предохранителя, зажато между электродами, повышается, и термическое напряжение заставляет бетон дробиться на множество мелких частей. Отчет из Великобритании показывает, что бетонный куб размером 100x100 мм можно отслоить, применив импульсный разряд длительностью 5–80 мкс. По сравнению с другими технологиями разрушения железобетона электрогидроимпульсный способ имеет ряд преимуществ:

- достигает цели разделения стальных стержней и бетона. Между тем, этот метод не производит летящих камней, пыли, шума, а также не производит токсичных или вредных веществ;
- обеспечивает эффективные средства для сноса железобетонных конструкций в условиях городской застройки;
- процесс демонтажа можно контролировать, регулируя энергию разряда.

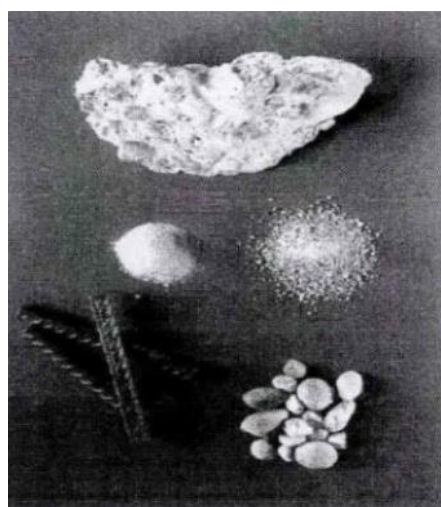
Недостатки:

- в ней используется дорогое оборудование, высокое рабочее напряжение и громоздкий генератор;
- электроды подверглись серьезной абляции, а проблемам безопасности и изоляции оборудования не уделяется должного внимания, что ограничивает популяризацию и применение этой технологии. Кроме того, необходимо просверлить отверстия для вставки электродов.

Результаты анализа показывают, что рабочее напряжение должно быть разумно снижено, а безопасность и изоляция оборудования должны быть улучшены. Выгодно миниатюризировать устройство и повысить его портативность с помощью небольшой энергии единичного разряда, а также улучшить частоту разряда и продлить срок службы электрода. Чтобы облегчить переработку и использование ресурсов, Bluhm Н. [19] из Исследовательского центра Карлсруэ разработал полупромышленный прототип для демонтажа железобетонных изделий (рисунок 5).



(а) Полупромышленный прототип



(б) Эффект дробления бетона

Рисунок 5. Полупромышленный прототип дробления бетона

(источник электронный ресурс URL: https://globaljournals.org/GJRE_Volume19/1-Green-Demolition-of-Reinforced.pdf, дата обращения 01.06.2021)

Источником импульсного питания прототипа является генератор Аркадьева-Маркса с рабочим напряжением – 350 кВ и рабочей частотой – 10 Гц. Производительность прототипа 1000 кг/ч. Бетонные блоки могут быть переработаны после разрушения.

Изначально интеллектуальные роботы использовались в обрабатывающей промышленности. С постоянным развитием робототехники они постепенно начали применяться в механизированном демонтаже и сносе зданий и сооружений. Так, в случае возникновения потенциально опасных ситуаций следует рассмотреть возможность использования роботизированных устройств и дистанционно управляемых машин, с помощью цифровой системы уведомления оператора сигнализации [21], передаваемой по кабелю или по радио. Преимущества интеллектуального робота для демонтажа перед обычным механическим сносом:

- его возможности участия в операциях по сносу зданий с высокой степенью риска для человека, чтобы сократить количество жертв;
- значительная эффективность сноса и демонтажа, уменьшение загрязнения пылью и шумом;
- снижение затрат, повышение надежности;
- подходит для мест с ограниченным пространством.

К зарубежным производителям демонтажных роботов в основном относятся шведская компания BROKK² и немецкая компания TopTec³. Благодаря инновационным разработкам робот для демонтажа, разработанный шведской компанией BROKK, сейчас занимает лидирующие позиции в мире технологий. В настоящее время это крупнейший поставщик роботов для сноса сооружений, а его продукция продается по всему миру. Например, один из роботов, использовавших технологию дистанционного сноса – это модель ISO от BROKK. Этот робот разработан для использования в регенерации и обновлении городской, коммерческой и промышленной среды. Он также был разработан, чтобы лучше работать с дополнительными приспособлениями, особенно с более тяжелыми инструментами весом до 230 кг и электродвигателю мощностью 15 или 18,5 кВт для привода машин. Его стандартный вес без учета принадлежностей составляет 1900 кг с базовым радиусом рабочей зоны 4550 мм, который может быть увеличен в зависимости от навесного оборудования [22]. Кроме того, у интеллектуального робота имеется возможность комбинации работ с водоструйной очисткой, термопиком и другими опасными методами демонтажа. В качестве примера можно привести высокоскоростную водяную форсунку под большим давлением гидравлического оборудования для демонтажа строений, которая была применена в работе, который свободно передвигался по бетонной плите в США в середине 1980-х годов. Сопло перемещалось вперед и назад по поперечной направляющей, что позволяло свободному движению на всю ширину около 1800 мм [23]. Гидравлический разрушитель с микропроцессорным управлением можно запрограммировать на резку на любую глубину, удаляя как можно меньше или больше бетона. Гидравлический демонтажный станок удаляет разное количество бетона, регулируя скорость движения сопла и скорость движения мобильного устройства. Система удаления бетона Conjet

² Официальный сайт компании BROKK // Электронный ресурс URL: <https://www.brokk.ru> (дата обращения 01.06.2021).

³ Официальный сайт компании TopTec // Электронный ресурс URL: <https://toptecbenelux.com/en/> (дата обращения 01.06.2021).

от Atlas Copco⁴ также состоит из сопла высокого давления (117 215 кН/м²), размещенного в установленном на шинах роботе с микропроцессорным управлением.

Преимущества использования подобной робототехники:

- опасные среды для работы, например, небезопасные конструкции или опасность для персонала;
- в предварительно ослабленных конструкциях после взрыва;
- замкнутые пространства с существующей опасностью обрушения или нестабильности конструкций;
- окружающая среда, загрязненная опасными химическими отходами.

Заключение

Демонтаж бетонных конструкций – сложный процесс, требующий тщательного планирования и управления. Больше внимания следует уделять выбору рациональных методов демонтажа и оборудования для достижения удовлетворительного результата.

В статье автор описал ряд традиционных и экологически чистых методов демонтажа, а также дал краткий обзор литературы о том, как работает каждый метод, и в каких проектах он был задействован. Сопоставлены достоинства и недостатки каждого метода. Для сравнения показано, что экологически чистые методы сноса имеют множество незаменимых преимуществ по сравнению с традиционными методами демонтажа: простота управления тех же самых роботов и переработки строительного мусора, отсутствие шума, вибрации, пыли, опасных взрывчатых веществ, повышенная безопасность рабочего персонала и защита окружающей среды.

Демонтаж бетонных конструкций становится все более важной темой при восстановлении и обслуживании зданий и транспортной инфраструктуры, поскольку все больше сооружений достигают расчетного срока службы и становятся кандидатами на замену, восстановление и/или расширение.

Общая тенденция заключается в оптимизации выбора подходящей технологии демонтажа и разработке инновационных экологически чистых и безопасных технологий сноса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Björklund A. & Höglind J. (2007): Strengthening of steel structures with bonded prestressed laminates. Master thesis, Department of Structural Engineering, Chalmers University of Technology. pp 1–8.
2. Liang G.Y. Why are there short-lived buildings? Environment, 2015, 9, 16–18.
3. Poon C.S., Yu A.T.W., Ng L.H. On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. Resources, Conservation and Recycling. 2001, 32(2), 157–172.
4. Chen P.H. The green dismantling technology of reinforced concrete supporting beam in deep foundation pit. Fujian Architecture and Construction. 2013, 183(9), 52–54.

⁴ Официальный сайт компании Atlas Copco // Электронный ресурс URL: <https://www.atlascopcogroup.com/en> (дата обращения 01.06.2021).

5. Helene L. Demolition: The art of demolition, dismantling, imploding, toppling and razing. Black Dog & Leventhal Pub, US, 2000. 15–27.
6. Ma J.J., Duan W.D. Controlled demolition of building by applying combination of machinery and blasting. *Architecture Technology*. 2003, 34(6), 430–432.
7. Abdullah A. Intelligent selection of demolition techniques. M.Sc. Thesis, M.Sc. Dissertation, Department of Civil and Building Engineering, Lough borough University, UK. 2003, 18–76.
8. Abudayyeh O., Sawhney A., El-Bibany H., Buchanan D. Concrete bridge demolition methods and equipment. *Journal of Bridge Engineering*. 1998, 3(3), 117–125.
9. Campbell, Sr., R.L., Army engineer waterways experiment Station vicksburg MS structures lab. A review of methods for concrete removal, Technical Report. 1982.
10. Wang J., Ma J.X. Hydraulic concrete and rock splitters. *Construction Machinery*, 2005, 12, 90–91.
11. Hudgins H.T. Demolition of concrete structures. *Concrete Construction*. 1987, 32(1), 24–31.
12. Isobe D. An analysis code and a planning tool based on a key element index for controlled explosive demolition. *International Journal of High-Rise Buildings*. 2014, 3(4), 243–254.
13. Методы ведения взрывных работ. Специальные взрывные работы / Гананольский Н.И. [и др.] // М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2007. – 563 с.
14. Terpening, T.V., Irwin M. Out with the old. *Civil Engineering, ASCE*. 1992, 62(9), 50–53.
15. Тамразян А.Г. Бетон и железобетон: проблемы и перспективы // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №8. С. 30–33.
16. Kasai Y. Demolition of concrete structures by heating. *Concrete International: Design and Construction*, 1989, 11(3), 33–37.
17. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. – Л.: Машиностроение, 1986. – 252 с.
18. Кузнецов Ю.И. Электрический пробой твердых диэлектриков и горных пород на спаде импульса напряжения / Ю.И. Кузнецов, В.Ф. Важов, М.Ю. Журков // Известия вузов. Физика. – 2011. – №4. – С. 17–22.
19. Bluhm H. Pulsed power systems principles and applications, Burlin: Springer, 2006, 1, 281–305.
20. Zhang Z.C. Rock fragmentation by pulsed high voltage discharge and drilling equipment development. Zhejiang University. Hangzhou, 2013, 18–25.
21. Derlukiewicz D., Ptak M., Koziółek S. Proactive failure prevention by human-machine interface in remote-controlled demolition. *New Advances in Information Systems and Technologies*, 2016, 445, 711–720.
22. Tatten J.J. Demolition and dismantling, *The Journal of The National Federation of Demolition Contractors*, 2000, 1, 413–420.
23. Bradley, J.F. Hydro-demolition speeds bridge deck rehabilitation. *Concrete International*, 1988, 10(4), 52–53.

Spayena Meruyert

Tyumen industrial university, Tyumen, Russia
Construction institute
E-mail: mspaena@gmail.com

Ovchinnikov Ilya Igorevich

Tyumen industrial university, Tyumen, Russia
Construction institute
Saratov state technical university named after Y. Gagarin, Saratov, Russia
E-mail: bridgeart@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8370-297X>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=177132

Eco methods of dismantling reinforced concrete structures

Abstract. The world's transport infrastructure is developing quite rapidly. Expanding the scale of the bridge to increase the capacity. Depending on what type the bridge belongs to, dismantling is used, which uses its own individual implementation features associated with factors such as location, dimensional bridges, its physical condition, etc. In the article, the author reports on the foreign experience in the development of technologies that can be successfully applied for the disposal of construction waste. The author of the article lists and includes a number of environmentally friendly methods and equipment for dismantling reinforced concrete buildings, their advantages and disadvantages, and also informs about real and environmentally friendly work for the current period.

Keywords: dismantling methods; bridge structures; environmental Safety; pollution; construction garbage; work methods; manual method of dismantling; mechanized dismantling