

УДК 693.5

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМЫ «МОНОФАНТ» СПОСОБОМ ТОРКРЕТИРОВАНИЯ

И.А. Емельянова, проф., д.т.н., Харьковский национальный университет
строительства и архитектуры, С.А. Бугаевский, доц., к.т.н.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Проведен анализ оборудования для сухого и мокрого способов торкретирования. Рассмотрены его конструктивные особенности, достоинства и недостатки. Даны рекомендации по применению торкрет-оборудования для возведения монолитных железобетонных конструкций.

Ключевые слова: система «Монофант», сухой способ торкретирования, мокрый способ торкретирования, торкрет-оборудование, растворобетононасос, торкрет-сопло.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ СИСТЕМИ «МОНОФАНТ» СПОСОБОМ ТОРКРЕТУВАННЯ

І.А. Ємельянова, проф., д.т.н., Харківський національний університет будівництва
і архітектури, С.О. Бугаєвський, доц., к.т.н.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Проведено аналіз обладнання для сухого і мокрого способів торкретування. Розглянуто його конструктивні особливості, переваги та недоліки. Дано рекомендації щодо застосування торкрет-обладнання для зведення монолітних залізобетонних конструкцій.

Ключові слова: система «Монофант», сухий спосіб торкретування, мокрий спосіб торкретування, торкрет-обладнання, розчинобетонасос, торкрет-сопло.

EQUIPMENT FOR ERECTING MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS OF «MONOFANT» SYSTEM BY SHOTCRETING METHOD

I. Emelyanova, Prof., D. Sc. (Eng.),
Kharkiv National University of Civil Engineering,
S. Bugaevsky, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. Analysis of equipment for dry and wet shotcreting is carried out. Its constructive features, advantages and disadvantages are considered, as well as some recommendations are given as for the use of shotcrete equipment while erecting monolithic reinforced concrete structures.

Key words: «Monofant» system, dry shotcrete process, wet shotcrete process, shotcrete equipment, mortar-concrete-pump, shotcrete nozzle.

Введение

Использование торкрет-оборудования позволяет наносить бетонную смесь послойно, без применения традиционной опалубки, непо-

средственно на установленный арматурный каркас. Для этих целей применяют оборудование, позволяющее использовать как сухой, так и мокрый способы торкретирования. Однако сухой способ торкретирования обла-

дает существенными недостатками: повышенный процент отскока, значительные потери исходной бетонной смеси, не пригодной к повторному использованию, повышенная запыленность, что предопределяет необходимость совершенствования технологии торкретирования и, соответственно, оборудования.

Анализ публикаций

В 1991 г. велись дискуссии над уточнением терминологии в названии процесса торкретирования, однако однозначное решение принято не было. Разрешено использование различных определений, принимая во внимание специфику языка во всём мире. Так, во Франции функционирует термин «beton projete», в США – «shotcrete», в Германии – «spritzbeton», а в Великобритании – «sprayed concrete». В Польше существует понятие «спрей-бетон», хотя раньше использовался термин «торкрет» относительно технологии «Vusokret», охраняемой патентом [1].

Следует добавить, что в Европе преобладает скорее термин «спрей-бетон», который предпочитает также Европейская Федерация Производителей и Пользователей Строительных Спецпродуктов – EFNARC [2].

Технология монолитного строительства посредством укладки бетона торкретированием широко применяется во всем мире. Здания, построенные таким способом, отличаются необычным дизайном и имеют ряд преимуществ, по сравнению с традиционной технологией строительства.

Наиболее рациональными, практически не имеющими ограничений по применению являются пространственные конструкции в виде сферических куполов, представляющих собой выпуклую пологую или подъемную оболочку на круглом, эллиптическом и полигональном плане. Они широко применяются для возведения из железобетона зданий жилищного и гражданского назначения (офисы, школы, церкви, спортивные арены, театры, ангары, дома или жилые комплексы и т.д.) [3, 4].

Данная технология бетонирования презентуется в Украине специалистами компании «Холстрой» [5]. Технология набрызга бетона на гибкие оболочки позволяет получить самые разнообразные и необычные формы конструкций (рис. 1, а–г).

Предлагаемая технология возведения монолитных железобетонных конструкций заключается в следующем. На подготовленный легкий фундамент крепится оболочка из ПВХ ткани, которая надувается с помощью напорного оборудования и создает форму будущего здания. Следующим этапом является нанесение на оболочку изоляционного слоя из пенополиуретана и армирование. Далее осуществляется торкретирование – процесс нанесения бетонной смеси. На последнем этапе происходит декорирование дома. Оболочка может оставаться на здании в течение всего срока эксплуатации или сниматься со здания, после чего производится внешняя отделка.

Преимуществом купольной монолитной железобетонной конструкции, возведенной способом торкретирования смеси, является отсутствие мощного фундамента, крыши как таковой и, следовательно, расходов на ее изготовление. Конструкции, созданные по данной технологии, являются настолько легкими, что могут возводиться на крыше уже существующих зданий. Купольная форма сооружения (отсутствие углов) позволяет экономить до 30 % на отоплении и кондиционировании помещения. В качестве преимуществ также можно отметить высокую скорость строительства, прочность, способность сохранять тепло, экономичность в эксплуатации и широкие возможности по созданию привлекательного дизайна. Мировой опыт строительства монолитных сооружений в прибрежных и сейсмически опасных зонах убедительно свидетельствует в пользу их надежности [3–5].

Одним из примеров возведения специалистами компании «Холстрой» купольных монолитных железобетонных конструкций является производственное помещение площадью 1080 м² на плоской крыше функционирующего здания, введенное в эксплуатацию в ноябре 2014 г. (рис. 1, а) [5].

В г. Харькове в октябре 2015 г. построена беседка, а опалубкой для этой монолитной конструкции стала надувная оболочка из ПВХ ткани (рис. 1, б). Компания «Холстрой» предлагает различные формы сооружений для домов и детских площадок (рис. 1, в, г) [5]. Все перечисленные преимущества использованы в разработанной нами системе «Монофант», где для эффективного возведения элементов здания криволинейной формы способом мокрого торкретирования предло-

жен самонесущий остов, обеспечивающий создание конструкций с произвольной геометрией (рис. 1, д, е). Самонесущий остов состоит из пространственного криволиней-

ного арматурного каркаса и неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей, формирующих заданную геометрию здания.

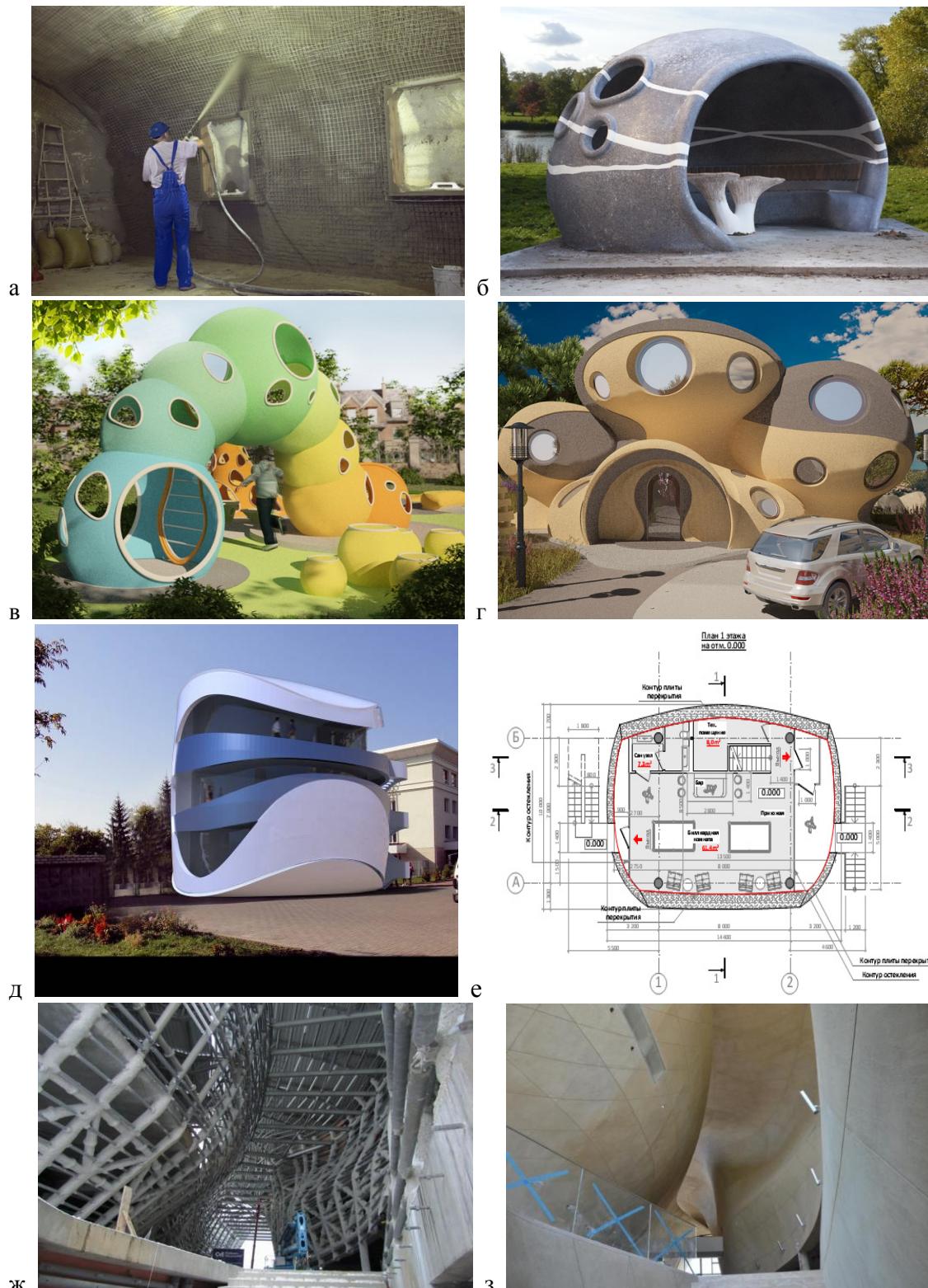


Рис. 1. Примеры возведения монолитных железобетонных конструкций с применением торкрет-оборудования: а – торкретирование монолитной оболочки производственного здания; б – конструкция беседки; в, г – варианты проекта детской площадки и жилого дома; д, е – вариант проекта гостиницы для отдыха летчиков в аэропорту г. Харькова (система «Монофант»); ж, з – металлический каркас и внутренние помещения «Музея истории польских евреев» (Польша, г. Варшава)

Остов собирается из внешней и внутренней криволинейной арматурных сеток, между которыми размещаются криволинейные (по форме остова) вкладыши из пенополистирола или минеральной ваты, а соединение внешней и внутренней сеток между собой выполняется криволинейными плоскими каркасами. К криволинейным плоским каркасам в плоскости внутренней криволинейной арматурной сетки прикрепляются полосы сетки типа «рабица» или просечно-вытяжной лист, которые вместе с вкладышами формируют сплошной экран для нанесения торкрет-фибробетонной смеси [6, 7].

Одним из примеров создания новых архитектурных форм является «Музей истории польских евреев» в г. Варшаве [8]. В главном зале здания с помощью торкрет-бетона способом сухого торкретирования возведены две волнообразные стены, являющиеся наиболее важным элементом, формирующим внутреннюю эстетику, а также служащим в качестве структурной поддержки потолка прихожей. Обе стены начинаются с первого этажа и охватывают всю высоту здания от фундамента до крыши. Каркас стены, на который наносилась торкрет-бетонная смесь, представлял собой криволинейную решетчатую конструкцию из стальных труб и листов фанеры, выполненных с необходимой кривизной и служащих экраном для укладки бетона (рис. 1, ж, з).

Эффективность строительства обозначенных конструкций неразрывно связана с применением современного оборудования для выполнения торкрет-работ. Криволинейные конструкции системы «Монофант» за счет использования неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей имеют небольшую приведенную толщину (10–15 см), что не требует выполнения больших объемов бетонных работ в условиях строительной площадки. Поэтому не целесообразно использовать бетононасосы или автобетононасосы высокой производительности для укладки торкрет-бетонной смеси. Кроме этого, при выполнении бетонных работ в труднодоступных местах такие машины либо вообще применить невозможно, либо их используют крайне неэффективно. В связи с этим наиболее рационально применять малогабаритное оборудование, которое используется для транспортирования и подачи строительных смесей, в частности бетонных смесей, в виде

пневмонагнетателей, растворонасосов и растворобетононасосов, которые также используются и для выполнения торкрет-работ.

Цель и постановка задачи

Целью работы является анализ современного оборудования, применимого для сухого и мокрого способов торкретирования при возведении монолитных железобетонных зданий и сооружений криволинейной формы.

В основу исследования поставлена задача сравнения конструктивных особенностей, достоинств и недостатков различных торкрет-установок и выбор наиболее рациональной.

Технологические особенности возведения монолитных железобетонных конструкций способом пневматического набрызга

Известны несколько разновидностей торкрет-установок, предназначенных для подачи сухой смеси по шлангам к торкрет-сопла: цемент-пушки со шлюзовой камерой и со шлюзовым барабаном (ротаторные), шнековые и виброэжекционные [9, 10].

Продолжается выпуск однокамерных установок СБ-67Б производства России, являющихся машиной циклического действия (во время загрузки необходимо останавливать машину), что резко снижает ее производительность. К их недостаткам можно отнести сравнительно большую высоту (1,6 м), обусловленную размерами рабочей камеры. Частые остановки и запуски установки затрудняют получение набрызг-бетона высокого качества и увеличивают пылеобразование в процессе ее работы.

Широкое применение находят цемент-пушки со шлюзовой камерой в связи с простотой в управлении и надежностью в эксплуатации. Но при управлении клапанами во время шлюзования выполняется много ручных операций. Повышение влажности смеси ведет к сводообразованию внутри камер, пробкованию в материальном шланге смеси, невозможности работы на фибробетонных смесях [9]. Наличие двух камер увеличивает и высоту этих машин (1,7 м), что затрудняет их загрузку, особенно в стесненных условиях строительной площадки.

Шнековые машины непрерывного действия отличаются небольшими размерами и просты в эксплуатации. Недостатком шнековых машин является высокая энергоемкость (мощность двигателя в 4–5 раз больше, чем у машин камерного типа) и сложность некоторых конструктивных узлов (обеспечение герметизации цилиндра шнека) [10].

Набрызг-машины непрерывного действия (виброэжекционные) основаны на способности струи сжатого воздуха, выходящей из сопла с большой скоростью (200–300 м/с), транспортировать сухую смесь по трубопроводу. Виброэжекционная машина состоит из бункера с виброплощадкой, эжекционной камеры, шланга и сопла. Сухая смесь из вибробункера подается по патрубку в приемную камеру эжектора и подхватывается потоком сжатого воздуха, выходящего из воздушной трубки, выполненной в форме сопла Лавала.

Достоинствами установки являются отсутствие механических питателей, уплотнений, простота конструкции и небольшая металлоемкость. Данная установка позволяет приме-

нять фибробетонные смеси. Недостатками конструкции являются малая производительность ($1,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ – при расходе сжатого воздуха $5 \text{ м}^3/\text{ч}$) и ограниченная дальность подачи – до 20 м [9].

Установки роторного типа являются наиболее совершенными машинами для ведения торкрет-работ сухим способом. Их особенностью является то, что сухая смесь через открытую загрузочную воронку с помощью ротора (шлюзового барабана) с вертикальной осью вращения, имеющего цилиндрические ячейки, куда попадает сухая смесь, равномерно поступает в шланг и затем, под действием сжатого воздуха, – в сопло (рис. 2). Такие машины имеют небольшую высоту, компактны и достаточно удобны в эксплуатации. Кроме того, они потребляют значительно меньше энергии, чем шнековые установки. Большим их преимуществом является универсальность, позволяющая при наличии сменного оборудования (барабана с различными ячейками) работать на заполнителях различной крупности, а также осуществлять укладку готовой бетонной смеси по способу мокрого торкретирования.

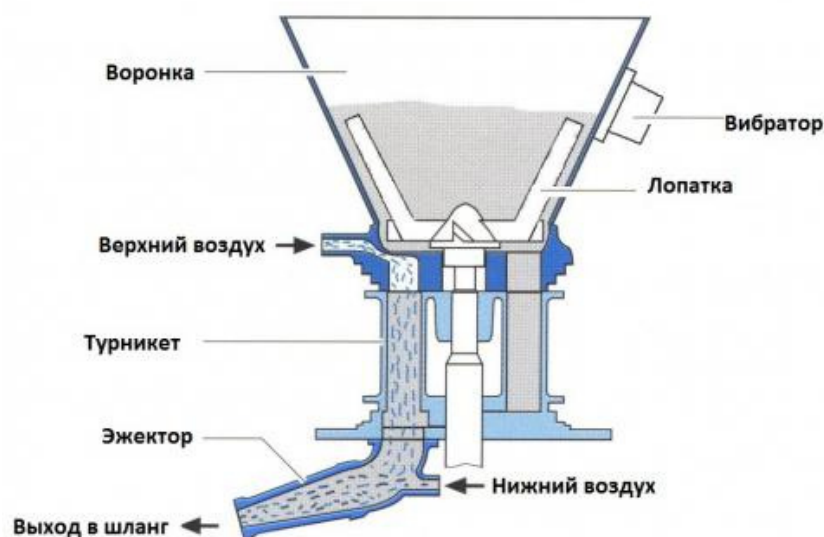


Рис. 2. Конструкция машины роторного типа на примере установки МРС4 (Словения)

Цемент-пушки со шлюзовым барабаном более металлоемки, менее надежны в эксплуатации по сравнению с установками камерного типа. В качестве герметизирующих уплотнений используются эластичные резиновые диски. Содержание абразивной массы ведет к быстрому износу дисков и уменьшает ресурс цемент-пушек [9].

В машинах для торкретирования наиболее быстро изнашиваются резиновые изделия (прокладки, наконечник сопла, рукава, пальцевые втулки). Стоимость резиновых изделий составляет 3–5 % от стоимости всей установки. Тем не менее, выход из строя резиновых изделий в период эксплуатации приводит к продолжительным простоям машин и рабочих, остановке всех работ.

Технические характеристики установок для способа сухого торкретирования, продаваемых в Украине, представлены в табл. 1 и 2.

При использовании сухого способа торкретирования сухая бетонная смесь подается сжатым воздухом (пневматическая подача) к торкрет-соплау, где и смешивается с водой (рис. 3). Особенности сухого способа торкретирования являются: высокая прочность нанесённого торкрет-бетона, длительный срок хранения материалов (сухая бетонная смесь), простота в обслуживании оборудования. На эффективность данного способа негативно влияет высокий отскок при ведении торкрет-работ, высокая степень пылеобразования, а также большая потребность в сжатом воздухе.



Рис. 3. Технологическая схема торкретирования сухим способом

Таблица 1 Техническая характеристика установок производства России и Словении [11, 12]

Торкрет-установка	СБ-67Б	БМ-86	МРС4
Тип машины	однокамерная	роторная	роторная
Производительность, м ³ /ч	4,0	5,0–6,6	0,5–3,0
Загрузка, л	320	–	–
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	8	9	6–8
Дальность подачи по вертикали, м	45	100	60
Дальность подачи по горизонтали, м	300	300	150
Мощность электродвигателя, кВт	2,2	3,0	4,0
Крупность заполнителя, мм	20	30	16
Габаритные размеры, мм:			
длина	1460	1290	1600
ширина	1100	820	900
высота	1750	1445	1085
Масса, кг	680	1033	670

Таблица 2 Техническая характеристика установок производства компании «Sika» (Швейцария) [13]

Торкрет-установка	Aliva-237	Aliva-257	Aliva-267	MAI 400EX
Тип машины	роторная	роторная	роторная	шнековая
Производительность, м ³ /ч	0,4–3,2	0,7–9,6	9,0–16,0	0,9–3,6
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	3–8	5–10	10–18	6–8
Дальность подачи по вертикали, м	100	100	100	–
Дальность подачи по горизонтали, м	200	300	300	–
Мощность электродвигателя, кВт	2,2	3,0	7,5	10
Крупность заполнителя, мм	16	20	20	–
Габаритные размеры, мм:				
длина	1230	1580	2108	1990
ширина	720	800	935	890
высота	1130	1320	1444	1070
Масса, кг	320	760	1500	950

Наиболее рациональным является применение сухого способа торкретирования для: ремонта бетонных конструкций, предварительного тампонажа при поступлении большого количества воды, небольшого объема торкрет-работ.

Особенностями мокрого способа торкретирования являются: повышение производительности торкрет-работ (в отдельных случаях – до 25 м³/час), снижение отскока и, соответственно, потерь в два и более раз (по сравнению с сухим способом), значительное

улучшение условий труда, благодаря существенному снижению пылеобразования, уменьшение износа торкрет-оборудования, малая потребность в сжатом воздухе при применении гидравлической подачи торкрет-смеси, повышенное качество нанесённого торкрет-бетона (постоянное водоцементное соотношение).

При применении мокрого способа торкретирования процесс начала работ (приготовление смеси, её доставка к насосу) и процесс завершения работы (очистка оборудования) являются более трудоёмкими, чем при пневматической подаче сухой торкрет-смеси. Кроме этого, при мокром торкретировании время использования приготовленной смеси ограничено и торкрет-бетон должен быть нанесён за этот период – в противном случае смесь становится непригодной к использованию и возникают потери. Наиболее рациональное применение мокрого способа торкретирования обусловлено его преимуществами: высокой производительностью способа, высокой прочностью торкрет-бетона, длительным сроком службы нанесённого слоя.

Для набрызга мокрых торкрет-смесей используется пневматическая или гидравлическая подача материала к торкрет-соплу (рис. 4, 5).

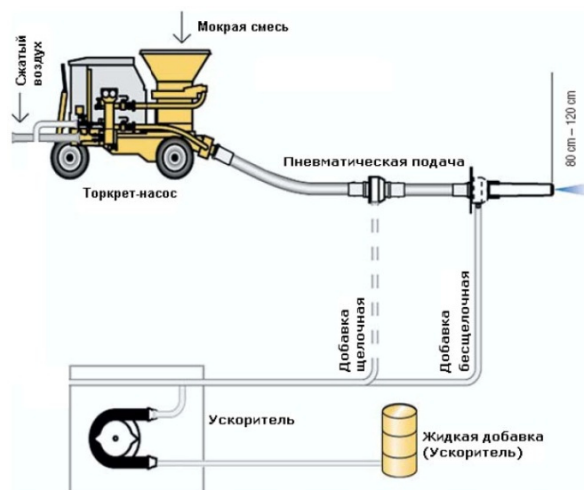


Рис. 4. Технологическая схема торкретирования мокрым способом при пневматической подаче

При гидравлической подаче торкрет-смесей наиболее часто используются двухпоршневые насосы. Готовая мокрая бетонная смесь подается в приемный бункер насоса и транс-

портируется по трубам и шлангам к торкрет-соплу. Используемая технология торкретирования бетона требует снижения уровня пульсации, возникающей при перекачке, до минимума для обеспечения непрерывности распыления смеси торкрет-соплом. С этой целью применяются различные методы повышения степени заполнения подающих поршней насоса, а также уменьшения времени переключения шибера.

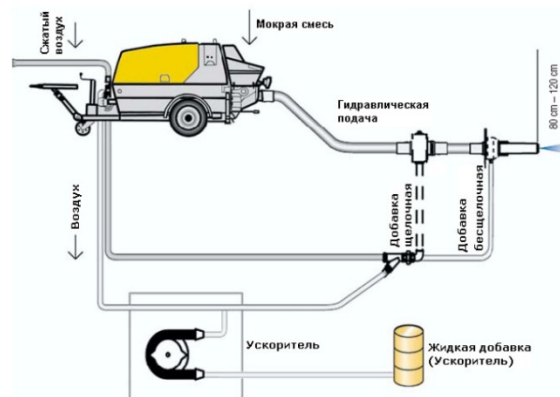


Рис. 5. Технологическая схема торкретирования мокрым способом при гидравлической подаче

В настоящее время на строительных площадках для подачи и нанесения на поверхность бетонных и растворных смесей, затворенных водой, используется несколько основных типов оборудования: пневмонагнетатели, растворонасосы и растворобетонасосы [9, 14].

Пневмонагнетатели представляют собой герметичные емкости, внутри которых находится ротор с лопатками для перемешивания и подачи бетонной смеси к выходному патрубку [9]. Пневмонагнетатели практически не содержат трущихся поверхностей, контактирующих с бетонной или растворной смесью как абразивным материалом. Поэтому пневмонагнетатели, за счет простоты конструкции, имеют длительный срок эксплуатации.

Пневмонагнетатели могут применяться для транспортирования и набрызга бетонных смесей с осадкой конуса до 3–5 см, при подаче фибробетонных смесей с содержанием порядка 2 % фибры от объема бетонной смеси.

Недостатками пневмонагнетателей являются: периодичность работы, высокие удельные энергозатраты. При подаче 1 м³ бетонной

смеси на 1 погонный метр расходуется 0,04–0,06 кВт/ч, что в 7–10 раз выше энергозатрат при использовании растворобетонасосов (0,004–0,007 кВт) на 1 м³ смеси, а также требуется очень высокий расход сжатого воздуха – от 3 до 40 м³/мин. Высокие скорости транспортирования при прерывистой подаче (до 8–10 м/с) и динамические нагрузки на бетонную смесь вызывают расслоение смеси в материальном шланге, удары на поворотах и необходимость наличия конечного гасителя. Использование пневмонагнетателей при больших объемах бетонных работ неэффективно [9].

На рынке Украины широко представлены пневмонагнетатели производства фирмы «Putzmeister» (Германия), в частности, установки Mixokret M 740 D, Mixokret M 760 DH и др. [15]. Производством пневмонагнетателей занимаются также фирмы США, Швеции, Японии и России [14].

В России продолжается выпуск ряда малогабаритных диафрагмовых и поршневых растворонасосов, которые используются в основном при выполнении штукатурных работ [14].

Недостатком диафрагмовых растворонасосов является недостаточная всасывающая и нагнетательная способность. Эти насосы развивают давление не более 0,15 МПа и способны перекачивать только мелкозернистые растворы с подвижностью смеси не менее 10–12 см. Диафрагмовые растворонасосы – противоточные машины, подвержены повышенной пульсации, несмотря на наличие воздушного колпака. Воздушный компенсатор работает только при малых давлениях в растворопроводе. Конструкция этих насосов не исключает расслаивания раствора в рабочей камере [9].

Несмотря на преимущества однопоршневых насосов, по сравнению с диафрагмовыми, они не лишены недостатков. В рабочей камере этих насосов раствор при всасывании движется вслед за поршнем в одном направлении, а при нагнетании – в противоположном. Резкое изменение направления движения растворных смесей приводит к расслаиванию и последующему забиванию мелким заполнителем клапанных узлов и, как следствие, выходу растворонасоса из строя [9].

Дальнейшим усовершенствованием конструкции торкрет-установок является создание двухпоршневых растворобетонасосов. По сравнению с роторными бетононасосами, к ним предъявляются дополнительные требования в части обеспечения непрерывной подачи бетонной смеси с целью обеспечения равномерного нанесения торкрет-бетона.

Одним из современных двухпоршневых растворобетонасосов является установка Sika-PM702, оснащенная двухпоршневым гидравлическим насосом Putzmeister P715 с электрическим или дизельным приводом (рис. 6).

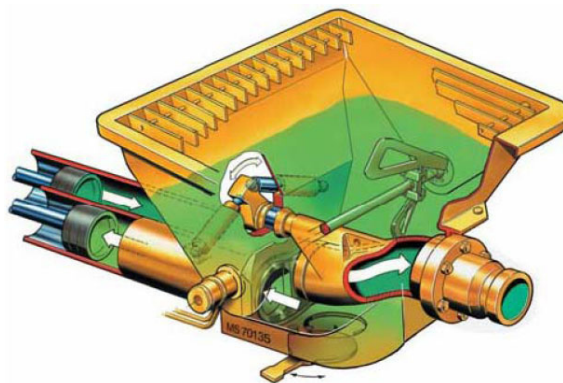


Рис. 6. Двухпоршневой насос фирмы «Putzmeister» [13]

Установка монтируется либо на прицепное колёсное шасси, либо поставляется на раме (рис. 7).



Рис. 7. Торкрет-установка Sika-PM702 [13]

Установка идеально подходит для выполнения мокрого торкретирования с высокой производительностью. Помимо торкретирования, установка может перекачивать мелкофракционные бетоны и растворы с очень малой пульсацией (табл. 3).

Более 15 лет кафедра механизации строительных процессов Харьковского национального университета строительства и ар-

хитектуры под руководством проф., д.т.н. Емельяновой И.А. занимается созданием и внедрением в строительство малогабаритного оборудования, в частности, двухпоршневых растворобетонасосов.

Таблица 3 Техническая характеристика установки Sika-PM702 [13]

Производительность, м ³ /ч	4–20
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	7–10
Дальность подачи по вертикали, м	50
Дальность подачи по горизонтали, м	100
Мощность электродвигателя, кВт	30
Крупность заполнителя, мм	16

Вначале это был противоточный растворобетонасос с шаровыми клапанами, вертикальной колонкой и расположением поршней друг над другом (рис. 8).



Рис. 8. Противоточный двухпоршневой растворобетонасос с шаровыми клапанами и вертикальной колонкой

При перекачивании строительных смесей противоточными растворобетонасосами заполнение рабочей камеры насоса происходит за счет создаваемого в ней разрежения. При этом наблюдается оседание крупного заполнителя, что приводит к расслоению смеси. Чем менее подвижная смесь, тем сильнее сказывается эффект расслоения [16]. Следовательно, одним из существенных недостатков таких машин является отсутствие возможности работать на малоподвижных смесях.

Однако такой насос хорошо работает на подвижных бетонных смесях с максимальной фракцией заполнителя до 10 мм. С его помощью был произведен ряд работ по ремонту и реконструкции зданий и сооружений

способом мокрого торкретирования (Харьковский мясокомбинат по пр. Гагарина, дом по ул. Мироносицкой, 44, Харьковский аэропорт, пансионат «Глициния» в Крыму) [16].

Принцип прямоточной подачи впоследствии реализован при реконструкции противоточных растворобетонасосов. Был создан прямоточный растворобетонасос с конусными подпружиненными клапанами и вертикальной колонкой (рис. 9).

Такая реконструкция позволила использовать насос для работы на малоподвижных смесях ($\Pi = 5–6$ см) при отсутствии возможности расслоения бетонной смеси в рабочем пространстве машины. Двухпоршневой прямоточный растворобетонасос успешно работал при реконструкции зданий по ул. Сумской, 6, при нанесении гидроизоляционных покрытий на внутренние поверхности фонтанов по ул. Сумской, 50, при выполнении ремонтных работ в здании по ул. Фрунзе, 25 в г. Харькове [16].



Рис. 9. Прямоточный двухпоршневой растворобетонасос с конусными подпружиненными клапанами и вертикальной колонкой

С целью изыскания возможности работы таких машин на мелкозернистых бетонных смесях пониженной подвижности ($\Pi=4–5$ см) был создан двухпоршневой растворобетонасос с кулачковым приводом, горизонтальным расположением цилиндров и принудительной загрузкой (рис. 10).

Принудительная загрузка позволяет расширить возможности двухпоршневых растворобетонасосов: появилась возможность работать на бетонных смесях ($\Pi = 4–5$ см), не исключая работы на подвижных бетонных смесях и строительных растворах. Такой

насос использовался при выполнении ремонтных работ одного из зданий АК «Харьковоблэнерго» [16].

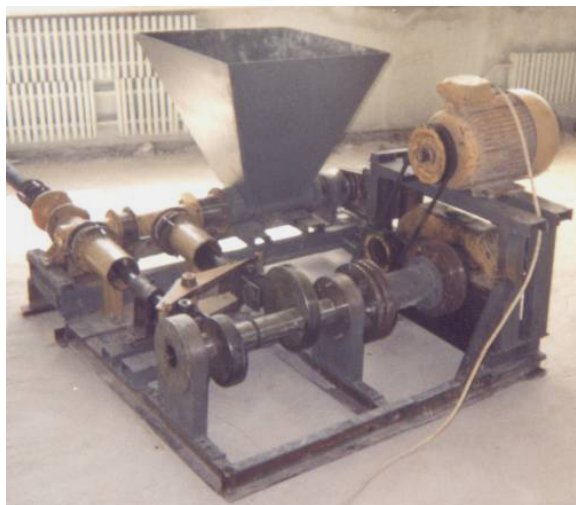


Рис. 10. Двухпоршневой растворобетононасос с кулачковым приводом и принудительной загрузкой

Эксплуатация растворобетононасосов с шаровыми и конусными подпружиненными клапанами показала, что не всегда надежно работают всасывающие клапаны вышеуказанных конструкций на малоподвижных смесях. В связи с этим разработан и изготовлен двухпоршневой растворобетононасос с тарельчатыми клапанами, который имеет горизонтально расположенные цилиндры и прямоточную загрузку. Насос предназначен для подачи малоподвижных строительных растворов, бетонных смесей ($\Pi = 6-8$ см) с крупностью заполнителя до 10 мм (рис. 11).

Использование двухпоршневого растворобетононасоса осуществлялось при восстановлении фасада дома по ул. Слинько №2, б, в

г. Харькове, для усиления основания купола Свято-Покровского собора в Харьковской области (г. Чугуев), при изготовлении криволинейных железобетонных оболочек способом мокрого торкретирования [14].



Рис. 11. Двухпоршневой растворобетононасос с тарельчатыми клапанами и горизонтальным расположением цилиндров

Все торкрет-работы мокрым способом при использовании двухпоршневых растворобетононасосов выполняются с помощью рабочих сопел с кольцевым насадком (рис. 12).

Наличие кольцевого насадка, через щель которого пропускается дополнительный поток сжатого воздуха, обеспечивало создание концентрированной направленной струи бетонной смеси. При этом отскок от вертикальных торкретируемых поверхностей составляет не более 10 %, а при торкретировании потолочных поверхностей с использованием суперпластификаторов и полимерной фибры отскок не превысил 3–5 %.

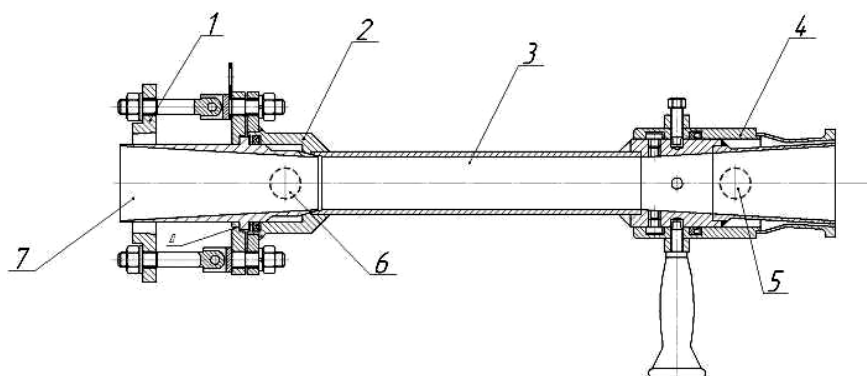


Рис. 12. Торкрет-сопло с кольцевым насадком: 1 — обхватный замок подключения бетоновода; 2 — корпус рабочей воздушной камеры; 3 — камера смешения; 4 — корпус кольцевого насадка; 5, 6 — подвод сжатого воздуха; 7 — кольцевой переходник

Таким образом, был предложен новый способ нанесения торкрет-бетонных покрытий, определяющийся наличием факельной подачи строительных смесей в кольцо сжатого воздуха [16]. Сопла с кольцевым насадком работают на бетонных смесях подвижностью $P = 4-7$ см, с крупностью заполнителя 10–20 мм.

Выводы

Анализ существующего оборудования для выполнения торкрет-работ мокрым способом показал, что использование двухпоршневых растворобетонасосов для выполнения торкрет-работ, шприц-бетонирования при наличии сопел с кольцевым насадком позволяет:

- работать не только на подвижных, но и на малоподвижных бетонных смесях и строительных растворах;
- выполнять торкрет-работы при отскоке не более 10 %, а в ряде случаев – 3–5 %;
- эффективно использовать малогабаритное оборудование с небольшой массой и невысокими удельными энергозатратами.

Литература

1. Специализированное строительное предприятие Torkret [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://torkret.com.pl>.
2. European Specification for Sprayed Concrete. 1996. – 35 p.
3. David B. South and Freda Parker. The Monolithic Dome. The Monolithic Dome Institute, May 8, 2007. (available at <http://www.monolithic.com/plan-design/monolithicdome/index.html>).
4. Hurd M.K. Concrete Homes for Disaster Victims. Inflated forms bring shelter to rural landslide victims / M.K. Hurd // Concrete international. – 2009. – Vol. 31, No. 6. – P. 37–40.
5. Строительная компания «Холстрой». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.holstroy.com.ua>.
6. Пат. 89464 Україна, МПК E04B 1/18. Каркасна будівля «Монофант» / Шмуклер В.С., Бабаєв В.М., Бугаєвський С.О., Бережна К.В., Карякін І.А., Кондращенко В.І., Сеїрські І.М.; заявник і патентовласник Шмуклер В.С. – №u201311919; заявл. 10.10.2013; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8.
7. Шмуклер В.С. Система «Монофант» для возведения монолитных железобетонных каркасов / В.С. Шмуклер, С.А. Бугаевский, В.Б. Никулин // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2015. – Вып. 71. – С. 70–84.
8. Jasiczak J. Construction of undulating walls using dry-mix shotcrete / J. Jasiczak, W. Majchrzak, W. Czajka // Expansive concrete surface creates the main spatial element inside the Museum of the History of Polish Jews in Warsaw, Poland. Concrete international. – 2015. – Vol. 37, No. 6. – P. 31–35.
9. Задорожный А.А. Разработка нового технологического оборудования для нанесения малоподвижных бетонных смесей способом мокрого торкретирования: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.02 / Андрей Алексеевич Задорожный, 1998. – 178 с.
10. Абдуллин К.Ф. Новые составы и технологическое оборудование для торкрет-бетона: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Камил Фергатович Абдуллин. – Казань, 2001. – 149 с.
11. Группа компаний «Станкомаш» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stankomasch.ru/catalog/show/209/>.
12. Завод-изготовитель «Стройстав СМ» (Словакия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://strojstavcm.com.ua/products/torkret-ustanovka-mpcs-4>.
13. ООО «ПУТЦМАЙСТЕР-РУС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aliva.pro/torkret_ustanovki/.
14. Меленцов Н.А. Создание растворобетонасоса с повышенной пропускной способностью клапанных узлов и стабильной подачей бетонных смесей: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.02 / Николай Алексеевич Меленцов, 2014. – 189 с.
15. Компания «Putzmeister» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.putzmeister.ru/catalog/rastvoronasosy/pnevmonagnetatel/>.
16. Двухпоршневые растворобетонасосы для условий строительной площадки: монография / И.А. Емельянова, А.А. Задорожный, С.А. Гузенко, Н.А. Меленцов / под ред. И.А. Емельяновой, А.Н. Тимченко, 2011. – 196 с.

Рецензент: В.П. Кожушко, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 30 марта 2016 г.