

Организационно - технологическое решение автоматизации процессов производства железобетонных изделий и конструкций

М.А. Фахратов, П.П. Олейник, В.В. Ефимов, О.Г. Куренков

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва.

Аннотация: Накопленный опыт работы передовых предприятий стройиндустрии и многочисленные разработки проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций являются основой для перехода к полной автоматизации производства сборных железобетонных конструкций нового поколения, к созданию заводов-автоматов, выполняющих весь цикл изготовления (от приема сырья до отправки продукции потребителю). Техническое перевооружение обеспечивает значительное улучшение деятельности заводов сборного железобетона, но не создает условий для непосредственного перерастания. Автоматизация технологического процесса производства железобетона требует использование автоматизированных средств для контроля качественных характеристик железобетонных изделий, информация от которых может использоваться в целях оптимального управления производством. В целях обеспечения развития производства железобетонных изделий и конструкций путем усовершенствования существующих и изыскания новых, улучшенных способов производства сборных железобетонных изделий, необходимо применение роботизации, компьютеризации и электроники.

Ключевые слова: автоматизация, система автоматики, диспетчерское автоматическое управление, совершенствование технологических линий, организация строительного производства, строительство, современные технологии, BIM технологии, роботизация, электроника, технологическое перевооружение.

Широкое применение в строительстве получили сборные железобетонные изделия и конструкции, изготовленные на заводах и доставляемые на объекты строительства в готовом виде.

В производстве сборного железобетона по двум основным направлениям накоплен достаточный объем знаний и опыта для резкого ускорения технического прогресса, комплексной механизации и автоматизации:

1. Техническое перевооружение и интенсификация действующего производства путем массового внедрения в него прогрессивных

технологических процессов и оборудования, средств и систем автоматизации;

2. Создание принципиально новых технологических процессов и на их базе – высокоавтоматизированных заводов строительных деталей повышенной заводской готовности.

Прогресс производства сборного железобетона до сих пор проходил в основном в направлении частичной механизации и автоматизации отдельных строительных процессов, экономии цемента путем введения разных добавок, совершенствования дозирования и приготовления бетонных смесей, энергосбережения за счет улучшения тепловых агрегатов и режимов тепловлажностной обработки.

Результаты работ научно-исследовательских, проектно-конструкторских и производственных организаций Москвы, Санкт-Петербурга и других городов страны по созданию и внедрению автоматизации в технологию производства сборного железобетона, а также позволили сформулировать основные направления технического перевооружения предприятий производства железобетонных конструкций:

1. Массовое внедрение химических и минеральных добавок бетоны самых широких назначений и диапазонов действия, централизованного или местного изготовления, во всех случаях при необходимых технико-экономических обоснованиях, первоочередное внедрение суперпластификаторов и эффективных пластификаторов, золы и золошлаковых отходов, местных природных наполнителей и др., расширение изготовления и применения новых высокоэффективных вяжущих [1];

2. Проведение реконструкции по типовым проектам складов сырьевых материалов (цемента, щебня, песка, пористого заполнителя) с возможностью приема и транспортирования золошлаковых отходов (золы-уноса и отвальных зол), а также химических добавок, с учетом

усовершенствования складского хозяйства предприятий в направлении широкого использования автоматизации;

3. Совершенствование организации приготовления и выдачи бетонных смесей на существующих бетоносмесительных узлах и установках на основе упорядоченных дозировочных операций, применения контрольных приборов, средств автоматизации, интенсивных процессов и оборудования для приготовления бетонных смесей; использование комплектно-модульного оборудования для автоматизированных бетонно-смесительных цехов;

4. Внедрение высокопроизводительных и автоматизированных технологических линий с применением роботизированных модулей и манипуляторов по безотходной переработке арматурных сталей, в том числе высокопрочных, термоупрочненных; изготовление штампованных, штампосварных и сварных закладных деталей с их металлизацией, а также плоских пространственных арматурных каркасов [2];

5. Применение адресной подачи бетонных смесей с использованием автоматически управляемых транспортных средств без дополнительных перегрузок, обеспечивающих точную их доставку на формовочные посты;

6. Освоение адресной подачи арматурных изделий и каркасов в формы с помощью автоматизированного оборудования и манипуляторов;

7. Внедрение форм рациональных конструкций, расширение применения переналаживаемых форм, особенно для изготовления панелей наружных стен, с целью повышения архитектурно-художественной выразительности жилых и общественных зданий [3];

8. Упорядочение форм и формовочных постов с использованием серийного и нестандартного оборудования – бетоноукладчиков, виброплощадок, в том числе низкочастотных, вибровкладышей, пригрузов, заглаживающих устройств, установок роликового формования, немедленной распалубки и т.п. с основной целью соблюдения нормативных требований по

условиям труда и повышения качества продукции, организация компактных автоматических узлов и установок для приготовления и нанесения смазки на форму [4];

9. Массовое внедрение энергосберегающих режимов тепловой обработки бетона, эффективных тепловых установок с повышенными теплотехническими свойствами ограждающих конструкций, работающих на паре, продуктах сгорания природного газа, вторичных энергоресурсах, солнечной энергии [5];

10. внедрение технологических линий с 2-4 видами фасадной отделки, обеспечивающих переход на другие способы отделки после незначительной переналадки [6];

11. усовершенствование механизированного оборудования для фасадной отделки с применением белых и цветных цементов, а также высокомеханизированных линий по отделке путем глазурования, обжига и покрытия металлическим тонким листом с цветным пластмассовым покрытием; освоение новых линий по производству изделий малых архитектурных форм, приставных фасадных архитектурных панелей для использования в отделке фасадов зданий соцкультбыта, торговых комплексов и общественных зданий [7];

12. завершение полного оснащения предприятий сборного железобетона приборами и аппаратурой пооперационного и выходного контроля качества изделий в соответствии с требованиями нормативных документов, с увеличением выпуска этих приборов механическими заводами строительных министерств [8];

13. совершенствование технологических линий путем комплексной механизации и автоматизации, оснащения недостающим оборудованием, механизмами, приборами, средствами автоматизации, манипуляторами и

роботами; широкое использование комбинированных линий (кассетно-конвейнерных) [9];

14. внедрение адресной подачи арматурных, столярных изделий, теплоизоляционных, отделочных материалов; массовое применение указанных решений обеспечит существенное повышение технического уровня производства сборного железобетона. [10].

Техническое перевооружение обеспечивает значительное улучшение деятельности заводов сборного железобетона, но не создает условий для непосредственного перерастания, как это обычно имеет место в смежных отраслях, в автоматизированное производство, применяемые технологические процессы, оборудование и линии. В этом числе наиболее прогрессивные из них – конвейерные, недостаточно отвечают условиям рациональной организации и автоматизации производства, поэтому необходимы новые принципиальные решения.

Переход на автоматизированные процессы и управление возможен лишь при соответствующем упорядочении производства, его технологической подготовленности, достижении высокого уровня частичной и комплексной механизации, наличии современных средств контроля и автоматизации, особенно датчиков, физических и математических моделей основного обрабатываемого материала – бетонной смеси, показателей ее физико-механических свойств, системы гибкой производственной информации и т.д. Недостаточный учет указанных факторов, как показывает опыт по созданию автоматизированных производств и технологических линий виброгидроштампования, вибропроката, стенового проката, силового проката и т.д., приводит к ограниченным результатам.

Автоматизация технологического процесса производства железобетона требует использование автоматизированных средств для контроля качественных характеристик железобетонных изделий, информация от

которых может использоваться в целях оптимального управления производством.

Применение информационной модели здания (Далее BIM) – технологии является одним из аспектов автоматизации производства. Цифровая трансформация строительной отрасли — один из наиболее актуальных вопросов на сегодняшний день. С помощью BIM – технологии создается единая информационная модель здания, в которую интегрирована все архитектурная, технологическая и коммерческая информация. Все данные, заложенные в информационную модель объекта, связаны между собой и взаимозависимы. Технологии BIM базируются на виртуальной трехмерной модели, обладающей реальными физическими свойствами. Они позволяют рассчитать и определить параметры процессов строительства еще до начала строительных работ на объекте. BIM — информационное моделирование зданий, представляющая собой набор программных продуктов, технологий и процессов, позволяющих создавать цифровое описание конкретного объекта. В информационной модели содержатся полные сведения о сооружении. Применение данной технологии позволяет сравнивать несколько вариантов 3D-моделей и оценивать их эффективность. Также уменьшается вероятность ошибок, так как, весь технологический процесс отражается на 3D-модели, что позволяет оперативно устранять выявленные несоответствия в процессе производства строительных изделий и конструкций, кроме того это способствует снижению затрат на строительство и повышению качества.

ВНИИжелезобетон и НИИЖБ имеют огромный опыт по проектированию высокоавтоматизированных заводов по производству бетонных и железобетонных конструкций и изделий для жилищного строительства. Разрабатывая эти проекты совместно со смежными организациями, прежде всего они ориентировались на выпуск прогрессивной

продукции. Принцип переналаживаемости становится основным для автоматизированного производства сборного железобетона.

С переходом на автоматизированное производство еще более актуальным, чем в обычном случае, становится вопрос оптимизации мощности предприятий сборного железобетона. В соответствии с условиями унификации производства и разными потребностями отдельных строительных регионов, высокоавтоматизированный завод целесообразно решать по модульной системе, с общей мощностью 50-200 тыс.м² общей площади, с учетом необходимости выполнения заказов постороннего назначения, например, кооперативного и индивидуального строительства.

На высокоавтоматизированном заводе предусматривают применение эффективных исходных материалов и технологических процессов, соответствующего информационного и программного обеспечения, создание необходимых технических средств и систем. Как показывает опыт, высокоавтоматизированный завод должен использовать: программное автоматизированное переналаживание форм, стендов, технологического и транспортного оборудования; непрерывную навивку арматуры на формы и стенды; предварительный подогрев и уплотнение бетонных смесей; адресную подачу бетонных смесей непосредственно в формы и стенды; формирование конструкций и изделий в вертикальных формах с применением внутреннего вибрирования, твердения бетона в теплоизолированных формах и стендах с минимальным подводом тепловой энергии; диспетчерское автоматическое управление приемом исходных материалов, комплектующих изделий и отпуском готовой продукции.

Совершенствование действующего производства сборного железобетона с целью повышения уровня механизации и автоматизации отдельных технологических процессов, устранение отдельных «узких мест»

нужно проводить одновременно с созданием принципиально нового высокоавтоматизированного производства.

В целях обеспечения развития производства железобетонных изделий и конструкций путем усовершенствования существующих и изыскания новых, улучшенных способов производства сборных железобетонных изделий, необходимо применение роботизации, компьютеризации и электроники.

Основная цель автоматизации производительных процессов – это обеспечение экономии сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, сокращение ручных операций, улучшение условий труда, повышение производительности при управлении агрегатами, процессами и производством в целом, то есть повышение технико-экономических показателей технологического передела предприятий промышленности строительных материалов, изделий и конструкций.

Литература

1. Бушуев С.Д, Михайлов В.С. Автоматика и автоматизация производственных процессов // Учебник для вузов. Москва: высш. шк., 1990 – 256 с.: ил.
2. Гордон А.Э, Никулин Л.И, Тихонов А. Ф. Автоматизация контроля качества изделий из бетона и железобетона. - Москва: Стройиздат. 1991 – 300 с: ил.
3. Eik, M., Papenfuss, C., Velocity gradients of concrete mass reconstructed based on measured fibre orientations in hardened concrete// Composite Structures. 2019 - №225. pp.133-146
4. Юдин И.В. О совершенствовании технологии заводского домостроения // Вестник отделения строительных наук РААСН. – М.: 2010. С. 65-70.
5. Кальгин А.А, Фахратов М.А, Чулков В.О. Производство и использование строительных материалов, изделий и систем, том 2, часть 2.

Производство бетонов, бетонных и железобетонных изделий, их ремонт и восстановление // Москва, СВР-АРГУС. 2011. 328 с.

6. Латышев Г.В., Латышев К.В., Мохов А.И., Чулков В.О. Инфографическое моделирование систем автоматики на основе их элементов // Международная конференция Стройинвест – 2012. Международный сборник научных трудов. Москва: 2012. С. 516-523.

7. Суэтина Т.А. Автоматизированное управление системой подачи и складирования вяжущих материалов и комплексных минеральных добавок // Международная конференция Стройинвест – 2011. Москва: МГАКХиС, 2011 – 683 с: ил. С. 16-21.

8. Мохов А.И. Комплексотехника в технических системах // Международная конференция Стройинвест – 2011. Москва: МГАКХиС, 2011 – 683 с: ил. С. 417-424.

9. Абрамов В.В., Петухов С.В., Иванюгин В.М., Шпынев Н.А. Робототехнический комплекс для шпаклевания панелей на вертикальном отделочном конвейере // Международная конференция Стройинвест – 2012. Москва: МГАКХиС, 2012 – 787 с: ил. С. 132-149.

10. Лустина О.В., Бикбаева Н.А., Купечков А.М. Использование BIM-технологий в современном строительстве // Молодой ученый. Казань: 2016 — №15. — С. 187-190.

11. Остроух А.В., Суркова Н.Е., Джха Прабхакар, Нуруев Я.Э. Автоматизированная система управления технологическими процессами производства железобетонных изделий и конструкций // В мире научных открытий. Красноярск: ООО «Научно-инновационный центр». 2015 - № 10-3 (70). – С. 1082-1095. DOI: 10.12731/wsd-2015-10.3-4.

12. Atutis, E., Valivonis, J., Atutis, M. Deflection determination method for BFRP prestressed concrete beams under fatigue loading// Composite Structures. 2019. № 226. pp.1-16.

References

1. Bushuyev S.D, Mikhaylov V.S. Uchebnik dlya vuzov. [Textbook for universities]. Moskva: vyssh. shk.. 1990, 256 p.
2. Gordon A.E, Nikulin L.I, Tikhonov A. F. Avtomatizatsiya kontrolya kachestva izdelij iz betona i zhelezobetona. [Automation of quality control of products from concrete and reinforced concrete]. Moskva: Stroyizdat. 1991, 300 p.
3. Eik, M., Papenfuss, C., Composite Structures. 2019. №225. pp.133-146.
4. Yudin I.V. Vestnik otdeleniya stroitel'nykh nauk RAASN. 2010.
5. Kal'gin A.A, Fakhratov M.A, Chulkov V.O. Proizvodstvo i ispol'zovanie stroitel'nykh materialov, izdelij i sistem, tom 2, chast' 2. Proizvodstvo betonov, betonnykh i zhelezobetonnykh izdelij, ih remont i vosstanovlenie kontrolya kachestva izdelij iz betona i zhelezobetona. [Production and use of building materials, products and systems, volume 2, part 2. Production of concrete, concrete and reinforced concrete products, their repair and restoration]. Moskva, SvR-ARGUS. 2011. 328 p.
6. Latyshev G.V, Latyshev K.V, Mokhov A.I, Chulkov V.O. Mezhdunarodnaya konferentsiya Stroyinvest, 2012. Mezhdunarodnyy sbornik nauchnykh trudov. Moscow: 2012. pp. 516-523. Suetina T.A. Mezhdunarodnaya konferentsiya Stroyinvest, 2011. Moscow: MGAKHiS, 2011, 683 p: ill. Pp. 16-21.
7. Mokhov A.I. Mezhdunarodnaya konferentsiya Stroyinvest, 2011. Moscow: MGAKHiS, 2011 - 683 p: ill. Pp. 417-424.
8. Abramov V.V, Petukhov S.V, Ivanyugin V.M, Shpynev N.A. Mezhdunarodnaya konferentsiya Stroyinvest. 2012. Moscow: MGAKHiS, 2012. 787 p: ill. Pp. 132-149.
9. Lustina O.V., Bikbayeva N.A., Kupchekov A.M. Molodoy uchenyy. Kazan: 2016. № 15, pp. 187-190.



10. Ostroukh A.V., Surkova N.E., Jha Prabhakar, Nuruev Y.E. V mire nauchnykh otkrytiy. Krasnoyarsk: 2015. № 10-3 (70), Pp. 1082-1095. DOI: 10.12731/wsd-2015-10.3-4.

11. Atutis, E., Valivonis, J., Atutis, M. Composite Structures. 2019. №226. pp. 1-16.