УДК 693.547

Ю.А. Вильман, С.А. Синенко, П.Г. Грабовый, К.П. Грабовый, Е.А. Король, П.Б. Каган
ФГБОУ ВПО «МГСУ»

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ВОЗВЕДЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Рассмотрены особенности технологических процессов и их механизации при возведении современных многоэтажных зданий и сооружений. Предложены принципы проектирования роботизированной технологии монтажа конструкций многоэтажных зданий.

Ключевые слова: технология строительных процессов, высотные здания, строительно-монтажные краны, организационно-технологическое проектирование.

Возведение многоэтажных зданий складывается из осуществления известных технологических процессов по устройству или монтажу конструкций здания: фундаментов, стен колонн и т.д. Однако особенности этих конструкций и фактор большой высоты, на которой производятся работы, предопределяют ряд отличий в технологии производства работ, выражающихся в появлении новых или ином пропорциональном акцентировании средств механизации, видов работ, технологической документации [1—3].

Конструкции многоэтажных зданий предполагают преимущественное применение для их возведения технологий монтажных, бетонных и наружных отделочных работ. Специфика внутренних отделочных работ, также обязательных при строительстве многоэтажных зданий, позволяет не рассматривать их в плане технологических отличий от обычного строительства, поскольку «многоэтажность» в их выполнении ограничена высотой отдельного этажа и определяется, по ценовым показателям, классом здания.

Монтажные операции сами по себе практически не отличаются от обычных: сохраняются традиционная оснастка, приспособления и приемы, базирующиеся на установке конструкций в проектное положение с помощью крана. Состав конструкций, монтируемых в составе каркаса многоэтажных зданий, включает стальные колонны и балки, стеновые панели, опалубочные элементы колонн, стен и перекрытий. Можно отметить повышенное внимание к операционному контролю качества монтажных работ, но это свойственно всем работам при осуществлении высотного строительства.

При возведении многоэтажных зданий из монолитного железобетона используемые опалубочные системы также не имеют каких-либо специальных отличий, кроме систем, специально спроектированных для высотного строительства по типу скользящей или вертикально-переставной опалубки. В таких системах особое внимание уделяется безопасности работ на высоте. Технологические приемы укладки и выдерживания бетона и конструкций в целом остаются традиционными, ужесточаются требования по проведению контроля этих операций.

Наиболее очевидные отличия многоэтажного строительства с позиций применяемых машин, механизмов и приспособлений проявляются в средствах для транспортирования грузов и обеспечения безопасности работ на высоте.

Краны для многоэтажного строительства. Согласно существующим данным применение традиционных башенных кранов при строительстве зданий ограничивается высотой подъема груза на 70…80 м (при большей высоте соотношение параметров «безопасность», «грузоподъемность», «масса», «стоимость» становится неоптимальным). Подъем грузов на 130…140 м обеспечивают приставные краны, вертикальная башня которых раскрепляется на возведенных конструкциях строящегося здания. При строительстве многоэтажных зданий высотой до 130 м часто применяется комплексное использование башенных (стадия возведения до высоты 50…60 м) и приставных кранов (более высокая часть здания).

При высоте заданий 130 м и более исчерпывается оптимальное соотношение параметров «грузоподъемность», «масса», «стоимость» приставных кранов, хотя отдельные краны этого вида могут обеспечивать подъем грузов до 150 м по высоте. Здесь начинается область применения самоподъемных кранов, не имеющих ограничений по высоте подъема грузов. Краны такого рода закрепляются на жестких стволах ядер жесткости или на внешнем контуре здания и имеют высоту башни и конструкции креплений и перемещений, обеспечивающих их работу по ярусам, высотой 30…40 м. После сборки здания такие краны демонтируются и по частям спускаются с помощью лебедок. В зарубежной практике строительства практикуется прием, когда краны такого рода консервируются и остаются на кровле здания для последующего использования при капитальных ремонтах.

Обзор предложений рынка строительной техники в Московском регионе выявляет наличие целого ряда организаций, специализирующихся на поставках, аренде, техническом обслуживании и сопровождении такого рода кранов для строительства многоэтажных сооружений.

Основные принципы проектирования роботизированной технологии возведения многоэтажных зданий.

1. Современные технические средства и материальные элементы для возведения зданий (краны, строительные конструкции и монтажная оснастка) не обладают необходимой взаимной приспособленностью. Это выражается в том, что краны обеспечивают лишь одну из 16—20 операций процесса монтажа конструкций механизированным способом, а остальные выполняются рабочими вручную, трудозатраты которых в 4—5 раз превышают затраты времени работы кранов.

2. Поскольку положение строительной конструкции в здании определяется декартовой системой координат, монтажное средство должно иметь дополнительно к крановым механизмам ориентирующее устройство, содержащее механизмы, обеспечивающие монтируемому элементу линейные движения по осям X, $У$, Z и вращательные движения относительно этих осей, т.е. всего шесть степеней подвижности.

3. Для обеспечения высокой точности позиционирования процесс монтажа должен состоять из двух стадий. На первой стадии строительный элемент перемещается из зоны жесткого захвата на монтажный горизонт при помощи крановых механизмов с максимальной скоростью и точностью, равной десятым долям метра. На второй стадии строительный элемент при помощи механизмов нового ориентирующего устройства перемещается на минимальных скоростях на небольшие расстояния с точностью, равной сотым долям метра, и устанавливается в проектное положение.

4. Производительность монтажа конструкций здания можно повысить снижением продолжительности машинной и ручной доли времени цикла работы крана, превращением цикличного процесса в непрерывный типа конвейерного (изменение конструкции крана); применением новых узлов в строительных конструкциях, обеспечивающих самофиксацию и жесткий захват для возможности манипулирования и достижения высокой точности позиционирования.

Таким образом, достижение поставленной цели возможно за счет:

сокращения машинной и ручной доли времени монтажного цикла;

непрерывной подачи строительных элементов в зону монтажа;

повышения точности монтажа конструкций;

повышения надежности дистанционного захвата монтируемого элемента;

устранения раскачивания строительного элемента и повышения точности позиционирования;

обеспечения жесткого захвата и манипулирования строительными элементами;

исключения ручных операций, связанных с временным закреплением монтируемых элементов, путем их самофиксации;

роботизации процесса и совершенствования технологии и организации монтажа конструкций здания.

Наряду с этим важным аспектом проблемы совершенствования технологии монтажных процессов является учет факторов, обеспечивающих повышение производительности труда. В первую очередь это относится к учету машинной, ручной доли времени и общего цикла монтажного процесса.

Возведение многоэтажных каркасно-панельных зданий с применением кранов-манипуляторов. Технология монтажа и выбор кранов-манипуляторов во многом зависят от массы (веса) монтируемых конструкций и объемно-планировочных решений зданий.

Монтаж сборных конструкций выполняют комплексным процессом, состоящим из операций: подготовки конструкции к монтажу, расположения конструкции в строго фиксированном положении в транспортном средстве или пирамиде, подводки захватного рабочего органа манипулятора к конструкции, жесткого захвата монтируемой конструкции, ускоренной подачи конструкции на монтажный горизонт, манипулирования (ориентирования конструкции с сообщением трех линейных движений по осям X, Y, Z и угловых вращательных движений относительно этих осей, выполняемых на замедленных скоростях), самофиксации монтируемой конструкции с ранее установленной и закрепленной (для конструкций, не обладающих собственной устойчивостью, например, стеновых панелей), выверки, самоотцепа рабочего органа манипулятора от смонтированной конструкции, проектного закрепления стыков электросваркой. Остальные операции: заливку швов, герметизацию и другие — выполняют традиционным способом.

Разрезка каркасно-панельных зданий предусматривает применение колонн на один этаж, а также на два, три и более. В связи с этим в некоторых зданиях промышленного назначения колонны устанавливаются в стаканы фундаментов и монтируются так же, как в одноэтажных зданиях. Для временного закрепления и выверки применяют кондукторы, которые закрепляются на подколоннике. Колонны последующих этажей временно закрепляются и выверяются при помощи одиночных или групповых кондукторов. Одиночный кондуктор устанавливается на оголовок нижестоящей колонны и закрепляется к нему зажимными винтами. Колонна заводится в кондуктор, временно закрепляется зажимными винтами, и кран-манипулятор освобождается. Затем производится выверка колонны, сварка стыковых закладных деталей и накладок. Кондуктор снимается, и стык зачеканивается цементным раствором.

Групповой кондуктор предназначен для монтажа сразу четырех колонн. Объединение четырех групповых кондукторов образует рамно-шарнирный индикатор, с применением которого монтируются сразу шестнадцать колонн.

На практике выверяют колонны как с инструментальной проверкой ее положения, так и с применением отвесов. В первом случае два теодолита устанавливаются на взаимно перпендикулярных осях сетки колонн, во втором — отвес навешивается на оголовок колонн. Колонна считается выверенной, если осевые риски, нанесенные на колоннах, находятся в одной плоскости.

К монтажу ригелей первого этажа приступают после достижения прочности замоноличенного стыка не менее 50 % проектной — в теплое время года и 100 % — при отрицательной температуре. После выверки положения ригеля производится монтажная электроприхватка его закладных деталей и консоли колонны. По ее окончании выполняется ванная сварка выпусков арматуры, а затем окончательная электросварка. В зданиях с колоннами на два и более этажей вначале производится монтаж ригелей первого этажа и всех сопутствующих конструкций, и по их окончании приступают к монтажу ригелей второго этажа и т.д.

Перед монтажом плит перекрытий и покрытий производится разметка мест их установки на ригелях и при необходимости приварка опорных столиков на крайних колоннах. Монтаж начинают с установки всех доборных и межколонных плит и приварки их в четырех углах к ригелям. Между собой межколонные плиты соединяются накладными. Затем укладываются пролетные (рядовые) плиты, привариваемые в двух углах.

Во всех случаях конструкции монтируют в направлении «на кран». Для многопролетных зданий за монтажный участок принимают температурный блок, разделенный в продольном направлении на две зоны. Каждая зона обслуживается одним манипулятором. Монтаж наружных стеновых панелей каркасно-панельных зданий может производиться комплексно с несущими конструкциями каркаса здания или самостоятельным потоком и зависит от разрезки стены и конструкции стыков между панелями. При использовании на монтаже конструкций многоэтажных зданий башенных кранов-манипуляторов панели стен на захватке монтируют поэтажно или поярусно горизонтальными рядами, чаще с отставанием на этаж. При этом монтажники выверяют и крепят устанавливаемые панели с внутренней стороны здания.

Библиографический список

1. *Вильман Ю.А.* Технология строительных процессов и возведения зданий. Современные прогрессивные методы. М. : Изд-во АСВ, 2008. 336 с.

2. Управление программами и проектами возведения высотных объектов : монография / *В.И. Теличенко, Е.А. Король, П.Б. Каган, С.В. Комиссаров, С.Г. Арутюнов, А.А. Афанасьев* М. : Изд-во АСВ, 2010. 144 с.

3. Технологические особенности возведения высотных зданий / *А.А. Афанасьев, Е.А. Король, П.Б. Каган, С.В. Комиссаров, А.В. Зуева* // Вестник МГСУ. 2011. № 6. С. 369—373.

Поступила в редакцию в марте 2012 г.

Об авторах: **Вильман Юрий Августович** — доктор технических наук, профессор кафедры технологии строительного производства, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»,** 129239, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26;

Синенко Сергей Анатольевич — доктор технических наук, профессор кафедры организации строительного производства, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»**, 129239, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (495) 287-49-14, sasin50@gmail.com;

Грабовый Петр Григорьевич — доктор экономических наук, заведующий кафедрой организации строительства и управления недвижимостью, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»**, 129239, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (495) 967-43-50, zam@mgsu.ru;

Грабовый Кирилл Петрович — доктор экономических наук, профессор кафедры организации строительства и управления недвижимостью, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»**, 129239, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 2108934@gmail.com;

Король Елена Анатольевна — доктор технических наук, заведующая кафедрой технологии строительного производства, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»**, 129239, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (499) 183-34-29, korol@mgsu.ru;

Каган Павел Борисович — кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»**, 129239, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (495) 741-63-68, kagan@mgsu.ru

Для цитирования: Особенности технологии и механизации возведения многоэтажных зданий / Ю.А. Вильман, С.А. Синенко, П.Г. Грабовый, К.П. Грабовый, Е.А. Король, П.Б. Каган // Вестник МГСУ. 2012. № 4. С. 170—174.

Yu.A. Vil'man, S.A. Sinenko, P.G. Grabovyy, K.P. Grabovyy, E.A. Korol', P.B. Kagan

PECULIARITIES OF TECHNOLOGY AND MECHANIZATION OF CONSTRUCTION OF MULTI-STORIED BUILDINGS

Peculiarities of operating processes and mechanization of construction of modern multi-storied buildings and structures are considered by the authors. Principles of the robotized construction technology with the due account for multi-storied buildings are proposed in the article.

Advanced machinery and tooling employed in hi-rise construction operations (including cranes, building structures, installation and mounting devices) fail to be mutually adjustable. Therefore, cranes are capable of performing only one of 16 – 20 operations; the remaining operations are performed manually by the workers. The labour expenditures of workers exceed the time period of cranes in operation 4- to 5-fold.

The position of a building structure inside the building is based on the Cartesian coordinate system; any installation device must have a locating tool equipped capable of moving structural units alongside *X*, *Y* and *Z* axes and of rotating them about the above axes. Thus, the machinery must be able to move building structures pursuant to six motion patterns.

High positioning accuracy requires a double-staged installation procedure. At Stage 1, a structural unit is relocated by crane mechanisms from the hard grip zone at maximal speed to assure maximal accuracy. At Stage 2, the new locating tool must move the structural unit at the minimal speed to accommodate it into its design position.

Erection performance rate may be improved by reducing the time period when the crane is in operation both in the automated and manual modes by converting the cyclical construction process into a continuous conveyor-type process (the crane construction is to be modified), and by introducing new joints into building structures to assure the self-locking and hard grip with a view to efficient manipulations and high-accuracy positioning.

Besides, an important constituent of the problem of improvement of the erection process represents the factors that may boost the labour productivity. These factors include the accounting of the machine time and the manual working time, as well as the time period of the whole erection process.

Key words: technology of building processes, high-rise buildings, construction cranes, organizational and technological principles of design.

References

1. Vil'man Yu.A. *Tekhnologiya stroitel'nykh protsessov i vozvedeniya zdaniy. Sovremennye progressivnye metody* [Technology of Building Processes and Erection of Buildings. Advanced Methods]. Moscow, ASV Publ., 2008, 336 p.

2. Telichenko V.I., Korol' E.A., Kagan P.B., Komissarov S.V., Arutyunov S.G., Afanas'ev A.A. *Upravlenie programmami i proektami vozvedeniya vysotnykh ob"ektov* [Management of Programmes and Projects of Erection of High-rise Buildings] Moscow, ASV Publ., 2010, 144 p.

3. Afanas'ev A.A., Korol' E.A., Kagan P.B., Komissarov S.V., Zueva A.V. *Tekhnologicheskie osobennosti vozvedeniya vysotnykh zdaniy* [Technological Peculiarities of Construction of High-rise Buildings]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2011, no. 6, pp. 369—373.

About the authors: **Vil'man Yuriy Avgustovich** — Professor, Doctor of Technical Sciences, Department of Construction Technology, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation;

Sinenko Sergey Anatol'evich — Professor, Doctor of Technical Sciences, Department of Organization of Construction Processes, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (495) 287-49-14; sasin50@gmail.com;

Grabovyy Petr Grigor'evich — Professor, Doctor of Economics, Department of Construction Processes and Real Estate Management, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (495) 967-43-50, zam@mgsu.ru;

Grabovyy Kirill Petrovich — Professor, Doctor of Economics, Department of Construction Processes and Real Estate Management, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; 2108934@gmail.com; +7 (495) 210-89-34;

Korol' Elena Anatol'evna — Doctor of Technical Sciences, Chair, Department of Construction Process Technology, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; korol@mgsu.ru; +7 (499) 183-34-29;

Kagan Pavel Borisovich — Candidate of Technical Sciences, Associated Professor, Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; kagan@mgsu.ru; + 7 (495) 741-63-68.

For citation: Vil'man Yu.A., Sinen'ko S.A., Grabovyy P.G., Grabovyy K.P., Korol' E.A., Kagan P.B. *Osobennosti tekhnologii i mekhanizatsii vozvedeniya mnogoetazhnykh zdaniy* [Peculiarities of Technology and Mechanization of Construction of Multi-Storied Buildings]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 4, pp. 170—174.