

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

2020, №5, Том 12 / 2020, No 5, Vol 12 <https://esj.today/issue-5-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/33SAVN520.pdf>

DOI: 10.15862/33SAVN520 (<http://dx.doi.org/10.15862/33SAVN520>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Ильичева Е.Д., Чулков В.О. Нововведения по регулированию функционирования башенного крана как киберфизической системы для обеспечения безопасного возведения объекта строительства // Вестник Евразийской науки, 2020 №5, <https://esj.today/PDF/33SAVN520.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/33SAVN520

For citation:

Ilyicheva E.D., Chulkov V.O. (2020). Innovations to regulate the functioning of a tower crane as a cyber-physical system to ensure the safe construction of a construction object. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 5(12). Available at: <https://esj.today/PDF/33SAVN520.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/33SAVN520

УДК 72

Ильичева Елизавета Дмитриевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Студент, магистр
E-mail: elizavetailjicheva@yabdex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9872-372X>

Чулков Виталий Олегович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Преподаватель
Доктор технических наук, профессор
E-mail: vitolch@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7059-2310>
РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=678864

**Нововведения по регулированию
функционирования башенного крана как
киберфизической системы для обеспечения безопасного
возведения объекта строительства**

Аннотация. Строительство является одной из наиболее травмоопасных отраслей. Зачастую на строительной площадке из-за несчастных случаев гибнут люди и в большинстве таких ситуаций из-за некачественно выполненной работы, несоблюдения техник безопасности и просто из-за чужих недочетов.

Главным элементом, без которого невозможно возведение объекта строительства – это башенный кран. В современных условиях он является до конца не автоматизирован и главной проблемой является внедрение в него современных киберфизических систем для улучшения безопасности и сокращения несчастных случаев.

Во внимании можно подробнее рассмотреть несколько методов решения данной проблемы. Метод решения устойчивости крана и груза во время производства монтажных работ при порывах ветра – метод искусственных нейронных сетей (ИНС). Метод системы контроля столкновения башенных кранов, хорошо применим на строительной площадке, где при возведении объекта используются два или более крана. Методом по увеличению памяти

крана и хранению, и качеству выполнения его функциональных команд – это облачные сервера хранения базы данных.

Все вышеперечисленные метода решения проблемы это основаны на считании информации (скорость ветра, расположение кранов, параметры груза и т. д.), то есть при помощи установки датчиков. Датчик ИНС считывает информацию о скорости ветра и при превышении определенных значений с учетом габаритов груза либо останавливает работу крана, либо замедляет её. Благодаря системе контроля столкновения башенных кранов, на строительной площадке идет программирование всего поля работ с указанием специальных зон, где могут быть опасные ситуации. А сервера облачного хранения решают вопрос с объемом памяти, который весьма ограничен в бортовой платформе и при нехватке информации память необходимо очищать и при таком возможно потерять важный кусок запрограммированных данных. Все вышеперечисленные киберфизические системы направлены на что сокращение количество несчастных случаев с обрушением грузов и самого башенного крана, а также позволяет наполнить рынок новыми современными электронными системами работы крана.

Ключевые слова: башенный кран; современные технологии строительства; башенный кран как киберфизическая система; электронные системы; алгоритм искусственных нейронных сетей (ИНС)

Введение

Строительство считается одной из самых опасных отраслей промышленности из-за высокой степени несчастных случаев. Башенные краны, неотъемлемая составляющая многих строительных проектов, связаны с большим количеством травм и смертей. Несмотря на то, что постоянно применяются многочисленные меры безопасности и вступают в силу более строгие правила техники безопасности, несчастные случаи со строительной техникой продолжают происходить [1].

Основной проблемой данной тематики стоит выделить адаптацию и создание кранов с условиями киберфизических систем работы с повешения безопасной работы на строительной площадке. Точнее автоматизация систем работы башенных кранов (переход от электронных систем работы крана к электрическим), что является наиболее актуальным.

В последние 10 лет кран все больше рассматривается как киберфизическая система, тем самым создавая все более современные механизмы, которые помогают снизить риски использования башенного крана и максимально автоматизировать его работу.

Решение данной проблемы является главной задачей одних из крупнейших производителей башенных кранов во всем мире, так как автоматизация кранов не просто обезопасит работу кран, но и даст толчок в развитии современных технологий. Основные опасные моменты в работе крана являются: опрокидывание крана и груза, перемещаемого им при ветровых нагрузках, столкновения крана и ограниченная память крана.

Согласно последним стандартам можно выделить несколько методов решения данной проблемы. По последним меркам каждый кран должен быть оснащен устройствами для ограничения грузоподъемности, высоты подъема, конечных перемещений, а также индикатором интенсивности ветрового давления (скорости ветра) и противоугонными устройствами [1; 2].

Задача ограничителей грузоподъемности башенных кранов, является отключение механизмов и агрегатов, если масса груза превышает допустимую. На данный момент

Российский рынок в большей степени использует не электронные, а электрические предохранительные устройства.

При использовании башенных кранов использование одного электронного устройства принесло наибольшую выгоду в плане сохранения вложенных финансов и условий исполнения техники безопасности, является предотвращение аварий башенных кранов, вызванных неблагоприятными погодными условиями [3; 4].

Как производитель строительной техники, так и компании-застройщики прекрасно понимают, что, совершенствуя электронные информационные технологии, они поднимают строительный процесс на совершенно иной уровень. Многие из этих технологий направлены на улучшение работы крана и повышение его безопасности. В данной статье представлены некоторые новейшие технологии крупных производственных компаний, которые показали нам, что функционирование крана как киберфизической системы не только упрощает процесс строительства, но и делает его более безопасным и простым [5].

Система обеспечения безопасности работы крана при ветровых нагрузках и неблагоприятных погодных условиях

Одной из основных электронных систем безопасности при эксплуатации башенных кранов являются системы контроля ветровой нагрузки. На данный момент это очень актуальное направление и наиболее подходящим устройством является алгоритм искусственных нейронных сетей (ИНС) [6].

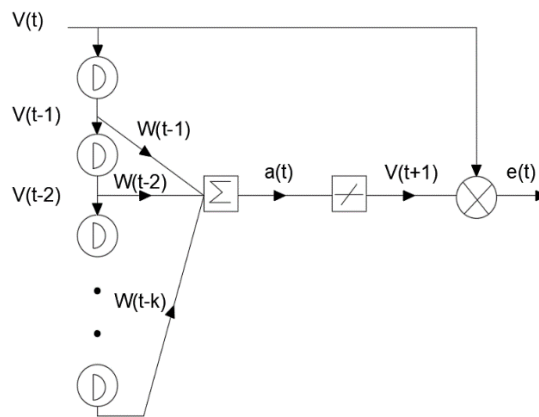
Для сохранения устойчивости башенных кранов от опрокидывания при резко меняющейся скорости ветра предложен способ стабилизации их положения. Метод основан на алгоритме прогнозирования опасного увеличения ветрового потока и его направления, реализованном на ИНС. Идея состоит в том, чтобы собрать текущую информацию о скорости и направлении воздушного потока, полученную от датчиков скорости и направления ветра, обработать ее и спрогнозировать скорость и направление ветра в следующий момент времени. В случае прогноза недопустимо высокой скорости (порыва ветра) это позволит преждевременно автоматически обеспечить поворот стрелы или башни стрелы (в зависимости от конструкции башенного крана) "по ветру" до наступления критического момента от ветровой нагрузки и заранее принять меры по эвакуации машиниста. Интеллектуальное устройство, реализуемое предложенным способом, содержит фиксатор, исключаяющий возможное воздействие подвешиваемого груза на строящийся объект при аварийном повороте стрелы [7].

На выходе ИНС посылает сигналы, которые были измерены в предыдущий раз: $V(t-1)$, $V(t-2)$... $V(t-n)$. После измерения этого сигнала выходные сигналы предсказываются, измеряются и фиксируются в будущем времени: $V(t+1)$. Чтобы проверить себя, сеть оснащена функцией "ошибка прогнозирования", которая сравнивает фактический сигнал и тот, который был спрогнозирован: $E(t) = V(t) - V(t+1)$.

Поправочный коэффициент корректируется на отклонения сети, что дополнительно уменьшает разницу между фактическим и прогнозируемым значениями, тем самым устраняя вероятность ошибки в прогнозе на будущее. Принцип работы системы прогнозирования показан на рис. 1.

Поворот при данной схеме башенного крана управляется при помощи привода для компенсации ветровых нагрузок. В таком случае система ИНС используется для прогноза порыва ветра и его направления. Система встраивается к уже существующей системе управления путем дополнительного оснащения программируемого логического контроллера

(ПЛК). Все необходимые датчики закладываются в ограничители грузоподъемности – датчик скорости ветра, датчик положения стрелы, датчик высоты подъема и датчик вылета грузовой тележки. В данную систему дополнительно необходимо встроить датчик направления и скорости ветра [8; 9].



$V(t)$; искоемое значение скорости ветра; $V(t-1), \dots, V(t-n)$ – значение скорости ветра в предыдущие моменты времени; $V(t+1)$ – прогнозируемое значение скорости ветра; Весовые коэффициенты W_{t-1}, W_{t-k} ; D – линия задержки; $a(t)$ – результат взвешенного суммирования входных данных; $e(t)$ – ошибка предсказания.

Рисунок 1. Структурная схема прогнозирования (составлено авторами)

При возникновении случайного увеличения скорости ветра, необходимо наладить работу привода поворота стрелы в направлении будущего порыва ветра. С другой стороны, невозможно сделать так, чтобы кран мгновенно без последствий разворачивался по направлению скорости ветра из-за природы металлических конструкций. Главное преимущество данной системы является именно прогноз порыва ветра, который способен создать аварийную ситуацию и что более страшно, опрокинуть кран. За счет прогноза наветренная площадь уменьшится при повороте, что приведет к снижению давления от порывов ветра, которые будут действовать в будущее прогнозируемое время [10].

В ПЛК закладывается значение от оси крана до объекта, как только начинается монтаж груза, система автоматически регистрирует и считывает высоту подъема груза. Как только высота грузы превышает высоту возводимого объекта, а скорость ветра выходит за границы допустимого, система срабатывает и направляет стрелу крана по скорости ветра. В данный момент важна так же и реакция крановщика. При превышении порывов ветра подается автоматически сигнальная и световая реакция в кабине крановщика, крановщик обязан отреагировать на неё и совершить действия согласно инструкции при данных ситуациях:

- Освободить груз от строп.
- Поднять крюковую подвеску в верхнее положение.
- Развернуть стрелу по ветру согласно системе ИНС.
- Полностью прекратить работу.

Система способствует обеспечению блокировки при столкновении подвески о возводимый объект при экстренном повороте стрелы башенного крана по скорости ветра [11].

Если подводить итоги, то можно сказать, что все вышеперечисленные системы решают множество проблем работы башенных кранов. Система ИНС – падение груза и крана при неблагоприятных погодных условиях. Система ИНС активно внедряется в настоящее время и считается самой эффективным решением при больших ветровых нагрузках и неблагоприятных

погодных условий. Уже за последние пару лет её использования по статистике количество несчастных случаев сократилось в 2 раза.

Система контроля столкновения башенных кранов

В последнее время запросы на аренду башенных кранов с установленными или встроенными датчиками для предотвращения столкновений систем и контроля работы крана в заранее заданных точках набрали огромный спрос на рынке. Эта система разработана несколькими производителями, такими как французская компания AMCS и ASCOREL. Они предлагают две системы защиты, которые полностью интегрированы в башенные краны и контролируют их работу, это система MC 602 и системы, которые выпускаются полностью готовыми к подключению и работе, они способны использовать данные от датчиков и систем управления краном. Китайцы не отстают от французской компании с системой SUS6000E, которая может обеспечить онлайн-систему управления для 20 кранов. Также португальская компания с системой управления SMIE, которая успешно вышла на российский рынок [12].

Цифровые электронные предохранительные устройства башенных кранов могут передавать данные непосредственно в бортовую электронную систему управления краном, где они будут автоматически обрабатываться, что исключает длительные и повторяющиеся преобразования на разных этапах передачи данных. При подключении системы к сети Интернет обрабатываемые данные могут быть получены руководителями строительной площадки и персоналом, находящимся в офисе компании, вдали от строительной площадки. Другими словами, оператор башенного крана и руководители строительной площадки могут видеть одни и те же данные, как далеко бы они не находились от башенного крана [13].

Система контроля столкновения башенных кранов решает проблему их столкновения друг с другом с возводимыми и существующими объектами, но если подводить итоги ранее описывалось три системы контроля: система контроля уже заранее встроенная в кран, система контроля, которую можно установить и система контроля SUS6000E, которая позволяет видеть установку полностью всей стройплощадки и управлять около 20 кранами сразу. Все представленные системы прекрасно справляются с поставленной перед ними проблемой, но если капнуть поглубже, то следует в данный момент систему контроля, которая автоматически встраивается в кран. Минусы встроенной системы заключается в том, что она привязана к новым современным моделям крана, которые необходимо приобретать, но не всегда на рынке готовы купить что-то новое, так как привыкли работать со старым, а уж тем более переплачивать деньги неизвестно на что, так как бюджет ограничен, тем самым вероятность ввода данных систем на Российский рынок будет более долгая. Системы, которые встраиваются отдельно и независимы от крана, более удобны для внедрения, так как идут дополнительной функцией, но и их возможности ограничены, так на совсем устаревшие модели кранов они устанавливаться не могут. Система управления SUS6000E тоже весьма недешевая, позволить её себе на данный момент могут единицы. Следовательно, можно прийти к выводу, что по эффективности выполнения работы и стоимости идеально подходит встроенная система контроля столкновения.

Облачные сервера хранения базы данных

Следующим шагом в совершенствовании этих технологий является подключение систем к облачным сервисам и хранение базы данных в облаке. В результате системы безопасности всегда имеют резервную копию базы данных в облаке, что обеспечивает важных преимущества:

- Объем памяти более не ограничивается объемом памяти бортовой платформы, так как информация автоматически передается в сервера сети, где объем памяти безграничный.
- Увеличивается в разы надежность сохранения информации, так как если из-за какого-либо сбоя информация будет удалена или частично потеряна, можно будет получить резервную копию, но тут прослеживается так же и негативный момент, так как необходимо будет улучшить безопасность хранения данных;
- Автоматически исчезает необходимость очищать и переносить информацию, когда памяти не хватает, это тем самым удаляет человеческий фактор, который обычно приносит больше всего ошибок в работе с данными [12–15].

Подключение башенных кранов к облачным серверам решит проблемы с памятью крана и хранением команд и данных, что не маловажно при выявлении ошибок в работе. На данный момент это направление только начинает развиваться и используется с наибольшей охотой в Германии, Китае и Японии, по их показателям данная система упрощает работу крана, его загрузку и моделирование действий [14–15].

Понятие киберфизических систем в работе башенных кранов и их примеры

В первые словосочетания «киберфизические системы» было выведено в физике и информатике, где кибернетика только начинала зарождаться в теории, а затем применяться на практике. Елью кибернетики было считание различных показаний датчиками, которые позволяли система работать, а также считывать, вычислять и производить манипуляции с изменением работы данной среды.

Кибернетика наука, которая присутствует во всех сферах и пытается все сферы занять, такие как биологическая, техническая, общественная и другие. Киберфизические системы в строительстве относятся к прикладной кибернетике, которая занимается изучение природы физико-информационного познания и стримиться непосредственно вносить изменения в их работу.

Все системы киберфизической работы башенных кранов, которые были представлены выше основаны на считании информации (скорость ветра, расположение кранов, параметры груза и т. д.) при помощи датчиков, которые будут установлены на краны с целью повышения надежности и безопасности работы крана.

Сущность киберфизических систем в работе башенных кранов заключается в следующем: на месте работы крана при помощи датчиков ведется считание информации о погоде, расположении крана и грузов, так же отображение строительной площадки в целом, которые во время работы крана считывают данные и при нарушении определенных границ (заранее заданных в датчиках) дают реакцию о приостановлении работы или направлении её в другую сторону.

Давайте рассмотрим на примере развития еще несколько ярких примеров развития киберфизической системы башенных кранов на рынке производства техники. Перечисленные ниже наработки показывают насколько актуальна данная проблема и какое разнообразие её решений присутствует на данный момент [16]:

1. Современные краны компании Liebherr, хорошо известной на российском рынке, производительностью от 90 до 130 ТМ могут поставляться как в FR. версия tronic с традиционным управлением и версия Litronic с программируемой памятью, а также модели классов свыше 140 ТМ выпускаются исключительно в версии Litronic. Кроме того,

производитель внедрил ряд систем, обеспечивающих высокую производительность и безопасность кранов. Его основной задачей при внедрении данных систем было снизить скорость движения и одновременно повысить определения позиции груза, с данными требованиями прекрасно справляется система Micromove. Другая немаловажная функция данных кранов упрощает их установку на площадке относительно строящегося объекта, а так же позволяет выполнить разворот стрелы крана с уменьшением скорости поворота груза или его гашением, данную систему назвали Connect & Work [16; 17].

2. Самая мощная модель в линейке безголовых башенных кранов компании XCMG мод. Оснащена интеллектуальной системой управления AMCS (DCS 60). Система AMCS создана для предотвращения столкновения кранов, способна работать при любом расположении кранов на строительной площадке, а также она универсальна и подходит на любые башенные краны [16; 18].

3. Система DCS 60 предлагает три функции: зонирование, предотвращение столкновений и отображение с регистрацией данных. Все перечисленные функции устанавливаются в 3-х мерном пространстве, связав геометрические фигуры с областями или статическими препятствиями на участке. Элемент предотвращения столкновений работает в реальном времени и в трех измерениях, определяя расстояния и скорости сближения. Кран может быть обездвижен на заранее определенном расстоянии от препятствий. DCS 60 записывает и хранит события, связанные с запрещенными зонами и функцией интерференции. Вы можете просмотреть их непосредственно на дисплее данных или загрузить на внешний диск. Информация о состоянии системы или крана также может быть записана [17; 19].

Заключение

Все вышеперечисленные системы киберфизической безопасности, установленные на башенных кранах, направлены на улучшение их эксплуатации и поддержание безопасности. На стройке постоянно происходят аварии, и самые страшные из них связаны с башенными кранами. Как только оборудование начинает автоматизироваться и переходит от механического управления, привязанного только к людям, к автоматическому управлению, это не только сокращает человеческие ресурсы, но и делает управление, прогнозирование и мониторинг работ на строительной площадке намного проще и безопаснее. Система мониторинга ветровой нагрузки и сенсорные системы (от разных компаний), предотвращающие столкновение кранов друг с другом, в настоящее время являются основными инновациями на российском рынке использования башенных кранов. После их внедрения аварийность снизилась в разы, и из этого следует, что автоматизация технологий-это главный и верный путь прогресса в развитии строительных технологий, а башенный кран-яркий представитель киберфизической системы, которой есть куда расти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков А.А., Тускаева З.Р. Организация регулирования техническим потенциалом на уровне регионального строительного комплекса / Вестник МГСУ. 2017. Т.12. Вып. 9. С. 990–998.
2. Спирана А.В., Теоретическое обоснование повышения безопасности строительных работ за счет обеспечения устойчивости башенного грузоподъемного крана / Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. С. 399–405.
3. Федина Е.В., Пушенко С.Л. Анализ основных причин травматизма при эксплуатации башенных кранов / Инженерный вестник Дона, 2012. С. 56–60.
4. Тен Э.В., Лысенко С.В. Рекомендации к строительству многоэтажных зданий с использованием приставных башенных кранов / Вестник наук и образования, 2016. С. 51–53.
5. Жадановский Б.В. Организация устойчивости подъемно-транспортных средств в строительном производстве / Вестник МГСУ. 2016. № 5. С. 52–57.
6. Мишин А.В., Сорокин П.А. Система контроля устойчивости башенных кранов от опрокидывания / Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. Вып. 11. Ч. 2. С. 325–329.
7. Сорокин П.А., Мишин А.В., Хряков К.С. Разработка и сравнение системы контроля устойчивости башенных кранов / Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. С. 136–142.
8. Мишин А.В., Сорокин П.А. Нейросетевой алгоритм системы автоматического контроля устойчивости башенных кранов / Автоматизация и современные технологии. 2014 С. 7.
9. Хряков К.С., Мишин А.В. Системы ветровой и сейсмической защиты для грузоподъемных кранов / Материалы XX Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы», 14–15 апреля 2016 г. в г. Москва. М.: МГАВТ.
10. Мишин А.В., Сорокин П.А. Реализация алгоритма управления приводами башенных кранов при ветровых воздействиях / Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. С. 218–221.
11. Borna Dasović, Mario Galić, Uroš Klanšek Active BIM Approach to Optimize Work Facilities and Tower Crane Locations on Construction Sites with Repetitive Operations / Licensee MDPI, Basel, Switzerland, Buildings 2019, 9(1), 21.
12. Zhen Yang, Yongbo Yuan, Mingyuan Zhang, Xuefeng Zhao, Yang Zhang, Boquan Tian Safety Distance Identification for Crane Drivers Based on Mask R-CNN / Licensee MDPI, Basel, Switzerland, Sensors 2019, 19(12), 2789.
13. Dexing Zhong, OrcID, Hongqiang, Lv, Jiuqiang Han, Quanrui Wei A Practical Application Combining Wireless Sensor Networks and Internet of Things: Safety Management System for Tower Crane Groups/ Licensee MDPI, Basel, Switzerland Sensors 2014, 14(8), 13794–13814.

14. Рауль-Кристиан Р., Радун-Эмиль П., Эмиль М. П., Флорин Д. Комбинация управляемого отклонения активного возмущения и нечеткого управления Такаги-Сугено с экспериментальной валидацией на башенных крановых системах / лицензиат MDPI, Базель, Швейцария. 2019.
15. Raul-Cristian Roman, OrcID, Radu-Emil Precup, OrcID, Emil M. Petriu, Florin Dragan Combination of Data-Driven Active Disturbance Rejection and Takagi-Sugeno Fuzzy Control with Experimental Validation on Tower Crane Systems / Licensee MDPI, Basel, Switzerland Energies 2019, 12(8), 1548.
16. Чулков В.О., Синенко С.А., Фахратов М.А., Акбари М.Ш. Классификация перерасхода стоимости проекта в строительстве / Вестник Евразийских наук. 2019. Т.11 №5. С. 1–9.
17. Чулков В.О., Бик-Мухамедов М.В. Использование гибких строительных технологий реновации по критерию экономической эффективности / Вестник Евразийской науки. 2019. Т. 11. №3. С. 1–11.
18. Комаров Н.М., Чулков В.О., Сумзина Л.В., Максимов А.В. Управление конкурентоспособностью высокотехнологичного сервиса в условиях глобализации мировой экономики / Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Мир науки" (Москва). 2018. С. 27.
19. Trani, M.L., Cassano M., Bossi, V. BIM level of detail for construction site design. Procedure Eng. 2015. Pp. 581–589.
20. Чулков В.О., Комаров Н.М., Левин И.А. Инфографическое моделирование многокомпонентных систем / Сервис в России и за рубежом. 2014. С. 218–233.

Ilyicheva Elizaveta Dmitrievna

National research Moscow state building university, Moscow, Russia
E-mail: elizavetailjicheva@yabdex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9872-372X>

Chulkov Vitaly Olegovich

National research Moscow state building university, Moscow, Russia
E-mail: vitolch@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7059-2310>
РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=678864

Innovations to regulate the functioning of a tower crane as a cyber-physical system to ensure the safe construction of a construction object

Abstract. This is the 21st century, the age of electronic technologies, where every country in the world is striving to improve all processes through cyber-physical systems. Construction is one of the industries where these systems are actively developed and improved every year. One of the main mechanisms on the construction site is a tower crane. It is impossible to build multi-storey buildings without it. It is very difficult to manage and coordinate the operation of a tower crane and requires a lot of employees, as well as construction using a tower crane is very dangerous and entails large losses of people if you do not follow safety precautions. To simplify the use of the tower crane, many of the largest companies around the world have begun to work on the introduction of modern electronic technologies in the construction of cranes, in order to improve the control of work, simplify use and reduce human resources. Also, these technologies are being implemented in order to improve the safety of work, it is terrible to imagine what will happen if the tower crane falls or the heavy load that it moves falls, what victims this incident may entail. To solve this problem, the ins technology was developed, which is discussed in detail in this article. Ins automatically detects the wind speed, predicts the future and calculates the danger of falling cargo or crane, this system automatically disables the operation of the crane to move the load if there are deviations. This article also discusses the idea of connecting the tower crane operation system to cloud servers, in order to repeatedly improve the crane operation memory and data storage. In addition, we consider sensor systems that prevent tower cranes from colliding. This is most relevant when more than one crane is working on a construction site or there is a surrounding building in the vicinity of construction. We consider several major companies that compete in the market for modern developments and their technologies that improve modern construction.

Keywords: tower crane; modern construction technologies; tower crane as a cyberphysical system; electronic systems; artificial neural network (ins) algorithm