

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

К. В. АБРАМЯН¹, Ю. С. АНДРЕЕВ², А. А. ГОРБЕНКО²,
С. Д. ТРЕТЬЯКОВ², Р. А. ЮРЬЕВА²

¹ПАО „Техприбор“, 196084, Санкт-Петербург, Россия

²Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: tretiakov@corp.ifmo.ru

Рассмотрены особенности создания информационно-технологической платформы цифрового производства, описан применяемый для ее разработки подход, базирующийся на использовании компонентов промышленного интернета вещей. Определены базовые принципы построения информационно-технологической платформы, выявлены основные трудности, с которыми сталкиваются создатели подобного рода систем. Спроектирована архитектура информационно-технологической платформы и определены инструментальные средства для ее создания, а также разработан алгоритм функционирования. Создан прототип информационно-технологической платформы на базе распределенной производственной площадки факультета СУиР Университета ИТМО. Выполнено подключение к платформе производственного оборудования, находящегося на различных территориальных площадках. Выявлены факторы, влияющие на эффективность внедрения информационно-технологической платформы цифрового производства и определены основные этапы ее внедрения на площадке индустриального партнера университета ИТМО.

Ключевые слова: информационно-технологическая платформа, цифровое производство, SCADA, мониторинг, диагностика оборудования, промышленный интернет вещей, индустриальные киберфизические системы

Для решения промышленным сектором таких задач, как снижение затрат на производство, повышение энергоэффективности, необходимы технологии, позволяющие свести к минимуму влияние человеческого фактора и ускорить взаимодействие различных служб на предприятиях [1, 2]. В настоящее время наиболее распространенным инструментом решения подобных задач являются системы мониторинга или SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных), которые уже более 20 лет эффективно используются в тех отраслях, где требуется обеспечивать операторский контроль и управление технологическими процессами в реальном времени. SCADA-системы позволяют не управлять оборудованием, а всего лишь получать данные, необходимые для последующего анализа эффективности его работы. Полученная таким образом и структурированная информация необходима для оценки эффективности работы оборудования, принятия управленческих решений по внесению изменений в производственный процесс, она также может быть передана в MES (Manufacturing Execution System — система управления производственными процессами) — специализированное прикладное программное обеспечение, предназначенное для синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции [3, 4].

Недостатками систем мониторинга являются: сложность организации облачной системы; ориентированность систем на персонал; неполнота поступающей информации, что влечет за собой отсутствие возможности организации единого информационного пространства; отсутствие универсального программного обеспечения для оборудования различных видов; отсутствие возможности свободного доступа к данным посредством мобильных устройств; отсутствие возможности разграничения прав доступа; отсутствие логического функционала для проведения анализа и диагностики [5, 6].

Целью исследования является разработка прототипа информационно-технологической платформы, свободной от перечисленных недостатков современных систем мониторинга, в которой будут реализованы функции управления промышленным оборудованием и оперативного взаимодействия производственных служб между собой.

Информационно-технологическая платформа цифрового производства — это образующая единое информационное пространство для средств производства модульная система, реализующая функции мониторинга, диагностики и управления средствами производства в автономном режиме и обеспечивающая непрерывную двунаправленную человеко-машинную связь. Использование этой платформы обеспечивает взаимодействие машин без вмешательства человека, оставляя за последним лишь функции наблюдения и формирования задач.

Первым базовым принципом построения информационно-технологической платформы является модульность (возможность внедрения в структуру новых модулей, не затрагивая всю систему). Эта особенность позволяет реализовывать децентрализованную систему, значительно повышая оперативность принятия решений и скорость работы системы. Не менее значительным преимуществом модульных систем является возможность профильной разработки каждого элемента системы отдельной группой специалистов, что повышает надежность и расширяет возможности платформы.

Второй принцип — гибкость программного обеспечения. Такое требование вытекает из особенности организации производства на предприятиях, где используется оборудование разных производителей и видов [7]. Использование универсального программного обеспечения для оборудования различных видов обеспечит создание среды для организации взаимодействия оборудования, что позволит сократить расходы, связанные с разработкой программного обеспечения для каждой единицы оборудования, и повысить конкурентоспособность продукта за счет возможности организации более быстрой технологической подготовки производства.

Третий базовый принцип заключается в обеспечении возможности круглосуточного доступа с использованием современных устройств и различных операционных систем к данным оборудования, возможности хранения информации за продолжительный период его эксплуатации и возможности логических выводов и построения графов [7].

Следование вышеперечисленным принципам построения информационно-технологической платформы может быть обеспечено путем комбинации SCADA-систем с системами математического моделирования и анализа при помощи высокоуровневого программирования. Такой подход экономически невыгоден, что заставляет выбрать специализированное программное обеспечение, например, систему Winnum.

Winnum — это система мониторинга и диагностики нового поколения. Основными отличиями ее от привычных SCADA являются: наличие нереляционной базы данных для высокоскоростного обмена большими массивами данных; использование облачных технологий хранения данных; наличие системы визуализации и настройки, позволяющей работать с использованием всех наиболее распространенных операционных систем; возможность создания и подключения самостоятельно разработанных приложений, написанных на языке Java, для значительного расширения базовых функциональных возможностей системы; возможность

разграничения прав доступа; возможность безопасного хранения данных [7, 8]. Такую систему уже можно представить в виде платформы промышленного интернета вещей.

Winnum состоит из облака (Winnum Cloud), хранилища данных и базового ядра (Winnum Platform), она может быть использована в качестве основы для создания такой платформы, так как является модульной. Основным компонентом системы является облако данных, в которое поступает вся информация от промышленного оборудования предприятия. Для взаимодействия с облаком необходимо универсальное программное обеспечение, позволяющее записывать и считывать данные из системы управления оборудованием. Главной проблемой является разнообразие используемых протоколов передачи данных оборудованием различных видов и производителей. В результате можно говорить лишь о частичной универсальности программного обеспечения.

Winnum Platform — платформа, обеспечивающая человеко-машинный интерфейс и использующаяся для работы с данными, их визуализации, настройки системы и формирования конфигурационных файлов. Данная часть системы может свободно дополняться новыми возможностями. Хранилище системы Winnum реализовано в форме нереляционной базы данных. К важным особенностям этой системы следует отнести возможность самостоятельной разработки и исполнения диагностических алгоритмов для любого вида оборудования. Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что использование системы на базе промышленного интернета вещей в качестве базового модуля позволяет избежать большинства трудностей при разработке и внедрении информационно-технологической платформы.

Архитектура системы автоматизации имеет несколько контуров обмена информацией (рис. 1). Первый (внутренний) обеспечивает связь датчиков и исполнительных механизмов оборудования и контроллера, установленного в нем. Данный контур оперирует „быстрыми“ параметрами, расчет которых возможно выполнять в режиме реального времени. Второй контур обмена информации обеспечивает связь между контроллерами на одной линии производства. Он служит для согласования параметров работы оборудования. Третий контур связывает между собой все оборудование, задействованное в производстве, позволяя на основе анализа производственных процессов и маркетинга определять глобальные задачи производства, сообщая ответственным лицам о необходимости внесения корректировок в работу оборудования [8].

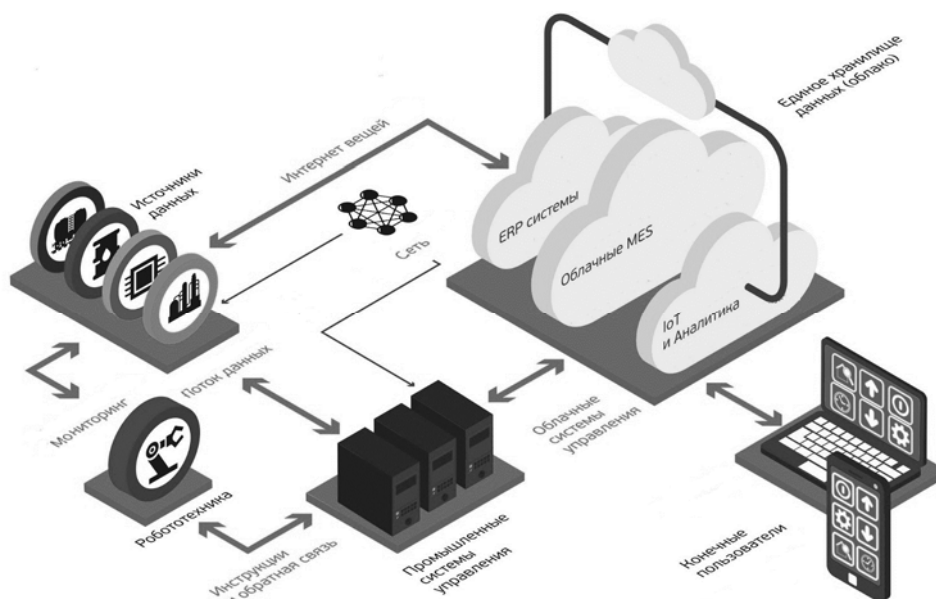


Рис. 1

В качестве испытательного полигона для разработки прототипа информационно-технологической платформы использовалась созданная в ходе НИР № 216648 „Разработка методики применения систем мониторинга производственного оборудования“ распределенная площадка, включающая две территориально разнесенные группы оборудования. Основными элементами данной площадки, схема распределенного мониторинга которой представлена на рис. 2, являются оборудование пяти видов, две внутренние LAN-сети, подключенные к глобальной сети Интернет.

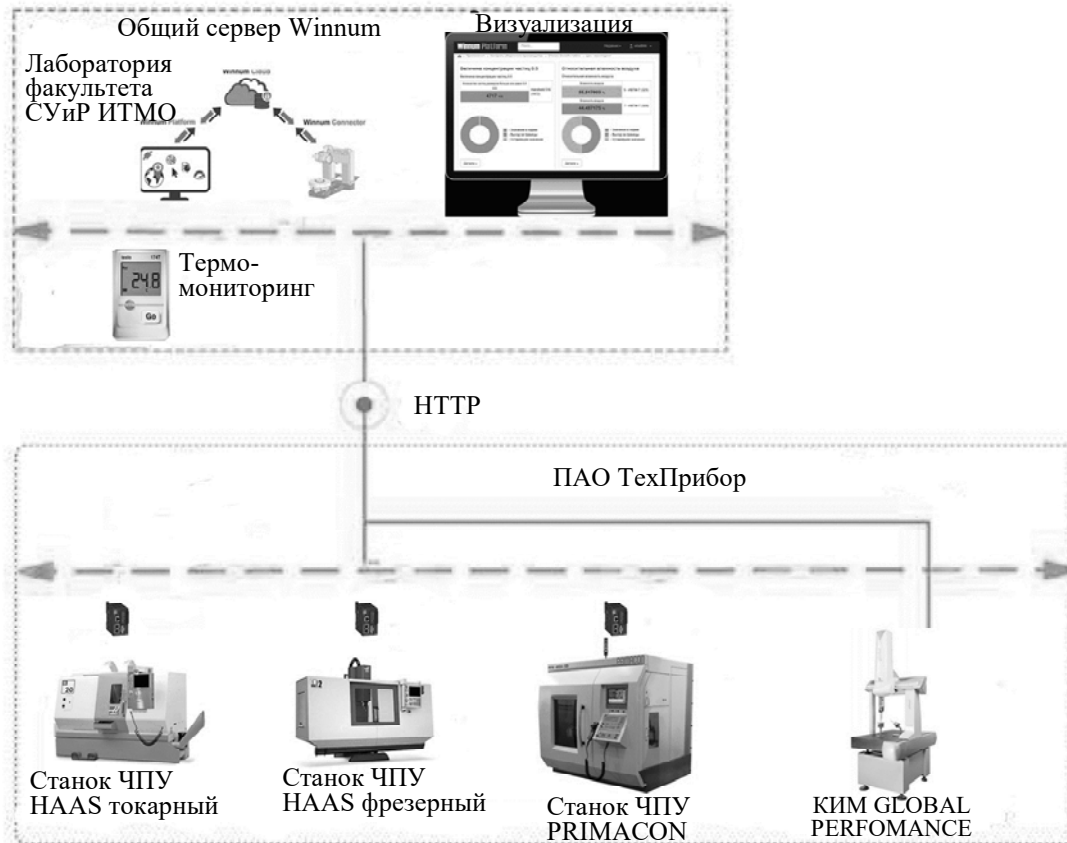


Рис. 2

Для реализации глобального уровня обмена информацией (третий контур архитектуры систем автоматизации) проанализированы протоколы передачи данных, в соответствии с которыми оборудование обменивается информацией с ПК, а также протоколы, используемые для передачи данных на сервер [9].

Немаловажным преимуществом системы Winnum является web-ориентированная платформа, которая обеспечивает взаимодействие с данными: позволяет производить анализ, экспортировать, строить графики. Реализация информационно-технологической платформы в виде web-ориентированного приложения, в котором доступ к данным осуществляется с помощью браузера с любого устройства, имеющего доступ к Интернету, не всегда удобна для конечного пользователя.

Основными недостатками Winnum Platform являются: невозможность преобразования интерфейса под нужды пользователя; интуитивно непонятный интерфейс; отсутствие быстрого доступа к необходимым опциям анализа и информации.

Как показали исследования, скорость доступа к информации крайне важна для пользователя, особенно в условиях нестабильного интернет-соединения, что требует ранжирования информации по приоритетам с применением различных фильтров, и разграничения ролей пользователей.

Перечисленные требования возможно удовлетворить путем разработки приложения, не только получающего информацию о платформе в режиме реального времени, но и хранящего часть информации в памяти устройства и позволяющего загружать в фоновом режиме требуемые данные сразу после запуска приложения.

Разработано приложение на базе операционной системы iOS, в котором реализованы возможности выбора необходимого оборудования из списка, просмотра его статуса и значения сигналов, быстрого построения графика загрузки за текущие сутки, вывода инструкции и описания к выбранному оборудованию, а также связи с ответственным лицом непосредственно в приложении.

Разработанный на основе платформы Winnum прототип позволяет ускорить процесс взаимодействия с системой благодаря отсутствию необходимости загрузки графического интерфейса (в отличие от web-приложения), получая лишь актуальные значения сигналов, хранящиеся в облаке, кроме того, приложение обладает динамической системой загрузки данных — если пользователю необходимо получить полную информацию о работе выбранного оборудования, он выбирает режим просмотра информации с web-платформы, расчет диаграмм которого и загрузка интерфейса происходят в режиме реального времени и не снижают скорость работы приложения.

В ходе исследования выявлено, что внедрение информационно-технологической платформы позволило уменьшить количество брака в изделиях, сократить издержки, связанные с человеческим фактором, провести оптимизацию загрузки оборудования. Кроме этого, внедрение подобных систем позволило выявить недостатки в организации производства, а также неэффективные программы обработки на станках с числовым программным управлением.

Платформа цифрового производства позволяет сократить трудозатраты благодаря оптимизации работы контролирующего персонала [10]. Кроме того, эффективность работы станков с числовым программным управлением может возрасти в среднем на 20 % за счет оптимизации программ, сокращения простоев и прозрачности системы контроля деятельности операторов и наладчиков [11].

Эффективность внедрения информационно-технологической платформы цифрового производства зависит от уровня технологической оснащенности; степени внедрения платформы; готовности руководства к внедрению новых технологий и внесению изменений в процесс управления предприятием; квалификации персонала. Уровень технологической оснащенности предприятия современным оборудованием должен составлять не менее 90 %. Оборудование должно взаимодействовать с персональными компьютерами или устройствами, заменяющими их. Под технологической оснащенностью следует понимать также и наличие разветвленных локальных сетей, и уровень организации взаимодействия между компьютерами в них.

К платформе должно быть подключено не менее 90 % оборудования на каждой производственной площадке [12, 13]. Только при полном внедрении платформа способна обеспечить рост производственных показателей [14, 15].

В прототип информационно-технологической платформы цифрового производства на базе распределенной производственной площадки Университета ИТМО включены механообрабатывающие станки с числовым программным управлением, литейная машина, контрольно-измерительное оборудование, а также единичные датчики; произведено подключение к платформе производственного оборудования различных видов, находящегося на различных территориальных площадках.

С использованием подключенного оборудования планируется создание диагностических алгоритмов, которые будут способствовать уменьшению поломок путем использования сервисного обслуживания.

Разработанная платформа требует совершенствования и расширения функционала для полноценного внедрения в производственный процесс, однако даже в настоящем виде способна значительно облегчить работу персонала, а также вести контроль за использованием оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деловой портал „Управление производством“. Спецвыпуск Альманаха № 1 „Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности“. 2017. 115 с. [Электронный ресурс]: <http://ur-pro.ru/imgs/specprojects/digital-pro/Digital_production_2.pdf>.
2. Липкин Е. Индустрия 4.0: Умные технологии — ключевой элемент в промышленной конкуренции. М.: ООО „Остек-СМТ“, 2018. 224 с.
3. Реймген Ю. Э. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. SCADA система. Ч. I // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 8. С. 386—393.
4. Козлецов А. П., Решетников И. С. Сбор данных в MES-системах. Основные подходы. — Автоматизация производства // Рациональное управление предприятием. 2013. № 1. С. 74—76.
5. Мониторинг станков с ЧПУ и другого промышленного оборудования [Электронный ресурс]: <<http://mirprom.ru/public/monitoring-stankov-s-chpu-i-drugogo-promyshlennogo-oborudovaniya.html>>.
6. Системы мониторинга, контроля, диспетчеризации [Электронный ресурс]: <http://aircool.ru/proizvodstvo/sistemy_avtomatizacii/programmyj_kompleks_monitoringa/>.
7. Кулагин М., Волков И. Промышленный интернет на практике: удаленная диагностика станков с ЧПУ с помощью технологии Winnum // Приложение к журналу Control Engineering. 2016. Октябрь. С. 74—77.
8. Абрамов Л. О. Исследование и создание системы мониторинга параметров технологического оборудования с применением облачного программного обеспечения и нереляционных баз данных // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. 2017. Т. 5. С. 4—7.
9. Абрамов Л. О., Андреев Ю. С. Разработка и систематизация аппаратных средств для создания системы мониторинга производственного оборудования // Сб. тез. докл. конгресса молодых ученых [Электронный ресурс]: <http://kmu.ifmo.ru/collections_article/5733/razrabotka_i_sistematizaciya_apparatnyh_sredstv_dlya_sozdaniya_sistemy_monitoringa_proizvodstvennogo_oborudovaniya.htm>.
10. Colombo A. W., Bangemann T., Karnouskos S., Delsing J., Stluka P., Harrison R., Jammes F., Martinez L., Jose L. Industrial Cloud-Based Cyber-Physical Systems: The IMC — AESOP Approach. Springer, 2014. 245 p.
11. Москаленко Т. А., Киричек Р. В., Кучерявый А. Е. Обзор протоколов Интернета вещей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Т. 5, № 2. С. 1—12.
12. Попова Л. Ф. Влияние информационных технологий на формирование устойчивого развития предприятия // Вестн. Саратовского гос. социально-экономического ун-та. 2014. № 1. С. 73—77.
13. Dazhong Wu, Rosen D. W., Lihui Wang, Schaefer D. Cloud-based design and manufacturing: A new paradigm in digital manufacturing and design innovation // Computer-Aided Design. 2015. Vol. 59. P. 1—14.
14. Demkovich N., Yablochnikov E., Abaev G. Multiscale modeling and simulation for industrial cyber-physical systems // 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS). P. 291—296.
15. Lopes Nunes M., Pereira A. C., Alves A. C. Smart products development approaches for Industry 4.0 // Intern. Conf. „Manufacturing Engineering Society“. Proc. Manufacturing. 2017. Vol. 13. P. 1215—1222.

Сведения об авторах

- Камо Владимирович Абрамян** — аспирант; ПАО „Техприбор“; генеральный директор; E-mail: techpribor05@yandex.ru
- Юрий Сергеевич Андреев** — канд. техн. наук; Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; доцент, зам. декана факультета; E-mail: ysandreev@itmo.ru
- Анатолий Анатольевич Горбенко** — аспирант; Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; доцент, E-mail: anatoliydrake@mail.ru
- Сергей Дмитриевич Третьяков** — канд. техн. наук; Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; доцент; E-mail: tretiaikov@corp.ifmo.ru

Радда Алексеевна Юрьева

— канд. техн. наук; Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; E-mail: raddaiureva@itmo.ru

Поступила в редакцию
21.11.19 г.

Ссылка для цитирования: *Абрамян К. В., Андреев Ю. С., Горбенко А. А., Третьяков С. Д., Юрьева Р. А.* Разработка информационно-технологической платформы цифрового производства // Изв. вузов. Приборостроение. 2020. Т. 63, № 2. С. 149—156.

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION TECHNOLOGY PLATFORM FOR DIGITAL PRODUCTION**K. V. Abramyan¹, Yu. S. Andreev², A. A. Gorbenko²,
S. D. Tretyakov², R. A. Yureva²**¹*Techpribor Public JSC, 196084, St. Petersburg, Russia*²*ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia**E-mail: tretiaikov@corp.ifmo.ru*

Specific of the problem of creation an information technology platform for digital production is considered, and the approach to the problem based on the use of the industrial Internet of things components is described. Basic principles of building an information technology platform are formulated, and the main difficulties faced by creators of such systems are determined. The platform architecture is designed and tools for creating an information technology platform are specified; an algorithm of the platform functioning is developed. A prototype of the information technology platform based on a distributed production site of the Faculty of Control System and Robotics at ITMO University is created. A connection is performed to the platform of production equipment located at various territorial sites. Factors affecting the effectiveness of the information technology platform implementation for digital production are revealed, and the main stages of the implementation at the site of the industrial partner of ITMO University are determined.

Keywords: information technology platform, digital production, SCADA, monitoring, equipment diagnostics, industrial Internet of things, industrial cyber-physical systems

REFERENCES

1. http://up-pro.ru/imgs/specprojects/digital-pro/Digital_production_2.pdf. (in Russ.)
2. Lipkin E. *Industriya 4.0: Umnyye tekhnologii - klyuchevoy element v promyshlennoy konkurentsii* (Industry 4.0: Smart Technology is a Key to Industrial Competition), Moscow, 2018, 224 p. (in Russ.)
3. Reymgen Yu.E. *Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, 2014, no. 8, pp. 386–393. (in Russ.)
4. Kozletsov A.P., Reshetnikov I.S. *Rational Enterprise Management*, 2013, no. 1, pp. 74–76. (in Russ.)
5. <http://mirprom.ru/public/monitoring-stankov-s-chpu-i-drugogo-promyshlennogo-oborudovaniya.html>. (in Russ.)
6. http://aircool.ru/proizvodstvo/sistemy_avtomatizacii/programmnyj_kompleks_monitoringa/. (in Russ.)
7. Kulagin M., Volkov I. *Supplement to the journal Control Engineering*, 2016, October, pp. 74–77. (in Russ.)
8. Abramov L.O. *Almanac of scientific works of young scientists of ITMO University*, 2017, vol. 5, pp. 4–7.
9. http://kmu.ifmo.ru/collections_article/5733/razrabotka_i_sistematizaciya_apparatnyh_sredstv_dlya_ozdaniya_sistemy_monitoringa_proizvodstvennogo_oborudovaniya.htm. (in Russ.)
10. Colombo A.W., Bangemann T., Karnouskos S., Delsing J., Stluka P., Harrison R., Jammes F., Martinez L., Jose L. *Industrial Cloud-Based Cyber-Physical Systems: The IMC – AESOP Approach*, Springer, 2014, 245 p.
11. Moskalenko T., Kirichek R., Koucheryavy A. *Telecom IT*, 2017, no. 2(5), pp. 1–12. (in Russ.)
12. Popova L.F. *Vestnik of Saratov State Socio-Economic University*, 2014, no. 1, pp. 73–77. (in Russ.)
13. Dazhong Wu, Rosen D.W., Lihui Wang, Schaefer D. *Computer-Aided Design*, 2015, vol. 59, pp. 1–14.
14. Demkovich N., Yablochnikov E., Abaev G. *IEEE Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS)*, 2018, pp. 291–296.
15. Lopes Nunes M., Pereira A.C., Alves A.C. *Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, Procedia Manufacturing*, 2017, vol. 13, pp. 1215–1222.

Data on authors**Kamo V. Abramyan**— Post-Graduate Student; Techpribor; Director General;
E-mail: techpribor05@yandex.ru

- Yiry S. Andreev** — PhD; ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; Associate Professor, Deputy Dean of the Faculty; E-mail: ysandreev@itmo.ru
- Anatoly A. Gorbenko** — Post-Graduate Student; ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; E-mail: anatoliydrake@mail.ru
- Sergey D. Tretyakov** — PhD; ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; Associate Professor; E-mail: tretikov@corp.ifmo.ru
- Radda A. Yureva** — PhD; ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; E-mail: raddaiureva@itmo.ru

For citation: Abramyan K. V., Andreev Yu. S., Gorbenko A. A., Tretyakov S. D., Yureva R. A. Development of an information technology platform for digital production. *Journal of Instrument Engineering*. 2020. Vol. 63, N 2. P. 149—156 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-2-149-156