

УДК 004.896

DOI: 10.22213/2410-9304-2024-1-93-99

Модель цифровизации производственного подразделения для обеспечения интеллектуальной поддержки принятия решений

Д. А. Ризванов, доктор технических наук, доцент, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Е. С. Чернышёв, кандидат технических наук, Уфимский университет науки и технологий;

«ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение», Уфа, Россия

С. Е. Чернышев, студент, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В настоящей статье приведена и описана модель цифровизации производственного подразделения для обеспечения интеллектуальной поддержки принятия решений. Модель включает в себя четыре уровня: уровень производственных ресурсов, уровень информационных систем, уровень бизнес-аналитики и уровень лица, принимающего решения. Приведены основные процессы, протекающие в производстве. Данные процессы относятся как к основным – непосредственно связанным с производством, так и к вспомогательным – процессы обеспечения производства всем необходимым (материалы, инструмент, заготовки, комплектующие, документация, иные ресурсы и другие). Описана проблематика рассматриваемой темы, которая в основном заключается в отсутствии комплексного подхода в управлении данными процессами, что ведет к разрозненности обрабатываемой информации и зачастую отсутствию взаимосвязи между процессами и, соответственно, влияния друг на друга. Ввиду многозадачности, а также большого числа обрабатываемых объектов и связей для обеспечения успешной деятельности производства необходимо применение интеллектуального управления указанными процессами. Выделены основные объекты цифровизации производственного подразделения. Предлагается интеграция имеющихся систем в единое цифровое пространство с применением интеллектуальных технологий. Приведены сведения о разработанных ранее прототипах информационных систем и их апробации. Оснащение производства цифровыми технологиями как в соответствии с концепцией «Индустрии 4.0», так и с целью дальнейшего их развития и перехода к «Индустрии 5.0» позволит повысить управляемость производственными процессами и, как следствие, результативность производственного подразделения. В результате определен необходимый базовый набор программных и аппаратных средств, внедрение которых позволит повысить уровень цифровизации и интеллектуальной управляемости подразделения.

Ключевые слова: производственное подразделение, цифровизация, интеллектуальные технологии, многоагентный подход, Индустрия 4.0, Индустрия 5.0.

Введение

В производственном подразделении протекает значительное количество процессов, так или иначе обеспечивающих выпуск продукции. При этом чем сложнее выпускаемая продукция, тем больше число этих процессов. В основном к ним относятся и «находятся на поверхности» технологические процессы изготовления самой продукции. Но существует также ряд процессов, которые на первый взгляд невидимы, но без которых производство невозможно, в том числе: подготовка и контроль самого производства, а также результатов производства. Данные процессы очень важны, так как для обеспечения и контроля выполнения одной технологической операции для одной детали необходимы: подготовка материалов, оборудования, инструмента (как для выполнения операции, так и для контроля качества) и т. д. При этом эффективность производства оценивается с помощью расчета фондоотдачи, которая, в свою очередь, зависит в том числе от эффективности загрузки оборудования.

В данной статье мы рассмотрим доступные инструменты, позволяющие повысить эффективность управления производством, взаимосвязи и зависимости между ними, а также применение многоагентных технологий при поддержке принятия решений в интеллектуальных системах оперативного управления машиностроительным производством, обеспечивая его развитие от четвертого этапа (Индустрия 4.0.) к пятому (Индустрия 5.0.) – переход от всеобщей компьютеризации (включая технологическое оборудова-

ние, обеспечение ресурсами и этапы изготовления изделий) к объединению в единую цифровую экосистему материального и виртуального миров [1].

Цель исследования – определение и формирование перечня необходимых программно-аппаратных средств при реализации комплексного внедрения элементов цифровизации промышленности в производстве [2] и внедрения интеллектуальной поддержки принятия решений для повышения эффективности управления производственным подразделением.

Основные объекты цифровизации производственного подразделения

Комплексная цифровизация производственного объекта должна охватывать следующие процессы (не менее):

1. Управление производственными ресурсами состоит из следующих блоков:

– управление запасами – контроль и учет наличия материалов и заготовок, необходимых для выполнения производственного плана;

– календарное планирование производства – формирование календарного плана изготовления продукции в разрезе используемых ресурсов (временных, персонал, оборудование, оснастка и др., что может потребоваться при изготовлении продукции), операций, материалов, формирование сменно-суточного задания;

– управление оснащением – контроль наличия, периодичности проверки оснащения, подготовка набора

инструмента, необходимого для выполнения сменнo-суточного задания;

– управление оборудованием – контроль загрузки оборудования, соблюдения режимов работы, планирование ТО, ремонта и др.;

– контроль управления доступом – контроль доступа персонала в различные производственные помещения, учет рабочего времени и присутствия на рабочем месте;

– контроль выполнения операций и заданий – выполняется посредством PLM-терминала – АРМ, размещенного в производственной зоне с целью выполнения ряда функций: регистрация в информационных системах предприятия процесса обработки деталей, причин простоев оборудования, а также просмотр технической и конструкторской документации и др.

2. Управление документами состоит из следующих блоков:

– управление конструкторской документацией:

- CAD-комплекс программных, технических, технологических и информационных средств, предназначенный для автоматизации процессов проектирования;

- PDM – организационно-техническая система, обеспечивающая управление всей информацией об изделии;

– управление технологической документацией:

- САМ – автоматизированная система либо модуль автоматизированной системы, предназначенный для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ;

- САРР – автоматизированная система для проектирования техпроцессов и оформления технологической документации;

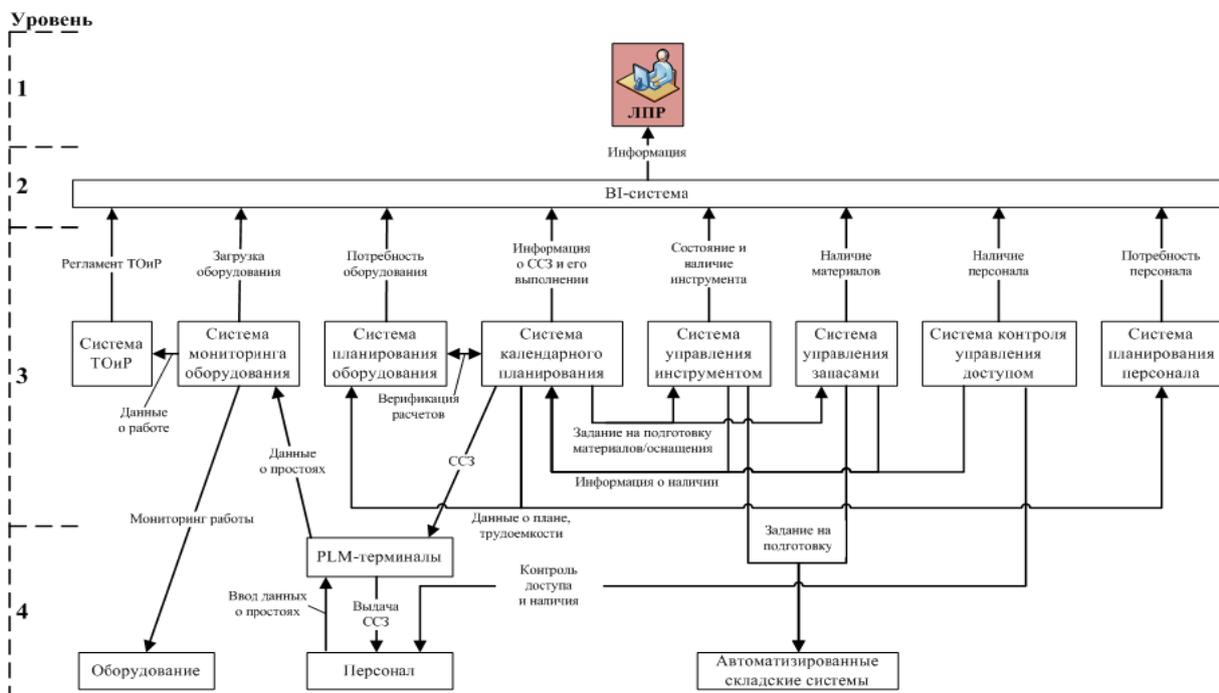
– управление организационно-распорядительной документацией – формирование приказов, распоряжений, решений и других организационно-распорядительных документов, деловая переписка;

– управление закупочной и договорной документацией внутри предприятия и управляющей компании;

– управление проектами – формирование графиков выполнения работ по проектам, контроль исполнения, определение необходимых ресурсов для их реализации.

Также для эффективного использования данных систем необходимо наличие VI-системы, интегрирующей или включающей в себя системы управления производственными мощностями (инструменты), с помощью которых выполняется сбор информации (минимальный набор), а также управление производственными ресурсами для получения оперативной оценки ситуации на производственном участке и/или принятия решений по улучшению производственной системы и/или устранения/предупреждения проблем, возникающих во время исполнения производственного заказа.

Модель взаимодействия информационных систем и элементов цифровизации производственного подразделения представлена на рисунке.



Уровень 1 – уровень лица, принимающего решения.

Уровень 2 – уровень BI.

Уровень 3 – уровень информационных систем (ИО).

Уровень 4 – уровень производственных ресурсов.

Модель взаимодействия информационных систем и элементов цифровизации и производственного подразделения

Model of interaction between information systems and digitalization elements of a production unit

Описание элементов цифровизации процесса управления производственными ресурсами

VI-система – набор инструментов и программ для бизнеса, которые собирают данные из разных источников, анализируют их и представляют в наглядном виде [3].

Необходимые программно-аппаратные средства:

- программно-аппаратные средства, реализующие процессы управления производственными ресурсами (непосредственно VI-система);
- интерфейсы интеграции (в случае интегрирующей системы).

Календарное планирование производства может выполняться на выбранные периоды: ежедневно (сегодня на завтра), еженедельно (на предстоящую неделю) на основе информации планируемых к изготовлению объемов продукции. В результате работы формируется: сменно-суточное задание, задание на подготовку наборов инструмента.

Необходимые программно-аппаратные средства:

- система календарного планирования производства – непосредственно выполняет календарное планирование производства;
- система контроля управления доступом – информация необходима для ежедневной оперативной корректировки сменно-суточного задания в зависимости от наличия персонала на рабочих местах;
- система управления оснащением – информация необходима для учета доступности оснащений для применения в производстве, выдача заданий на формирование наборов инструмента в зависимости от сроков принятия деталей и сборочных единиц в работу и приоритизации;
- система управления оборудованием – информация о доступности оборудования в разрезе технического обслуживания и ремонта, а также о фактической загрузке оборудования в период изготовления продукции (что отражает фактическую трудоемкость);
- система контроля и выполнения операций и заданий – внесение данных (регистрация), на PLM-терминалах, начальных/конечных/промежуточных стадий изготовления деталей, контроль первой годной детали, изготовление партии, завершение и др.;
- система управления запасами – информация необходима для ежедневного контроля наличия заготовок, а также формирования «сигналов» об их отсутствии (недельное планирование).

Управление запасами – WMS-система, обеспечивающая учет наличия заготовок, материалов, мест их хранения (склад, полка, место) для обеспечения быстрого доступа, а также выдача заданий на подготовку заготовок и материалов.

Необходимые программно-аппаратные средства:

- система календарного планирования производства – получение задания на производство деталей;
- автоматизированные складские системы – информация о работоспособности и доступности складов (не требуется для неавтоматизированных);
- терминалы сбора данных – ручной терминал, позволяющий получать доступную актуальную инфор-

мацию о товаре, в том числе на экране самого терминала;

- дополнительные клиентские устройства – терминалы (настольные, передвижные), ПК, планшеты, смартфоны (возможно использование с дополнительным сканером штрих кодов), обеспечивающие получение и обработку информации о материалах;
- принтеры этикеток – печать наклеек на товары для их быстрой идентификации);
- метки/геотрекеры (возможно применение для отслеживания перемещения продукции по маршруту изготовления).

Управление оснащением – специализированное ПО, интегрированное с системой календарного планирования производства, предназначенное для ведения учета движения оснащения: сроки ремонта, плановой поверки, места хранения и др., а также выдачи заданий на формирование наборов инструмента для выполнения сменно-суточного задания.

Необходимые программно-аппаратные средства:

- система календарного планирования производства – получение задания на производство деталей;
- WMS-система – наличие и места хранения оснащения, инструмента;
- АСС – информация о работоспособности и доступности складов.

Управление оборудованием состоит из двух основных частей/процессов:

- управление техническим обслуживанием и ремонтом – планирование и контроль сроков периодического обслуживания и ремонта;
- учет фактической загрузки оборудования, регистрация простоев, причин и др.

Необходимые программно-аппаратные средства:

- информационная система планирования технического обслуживания и ремонта;
- информационная система контроля загрузки оборудования, регистрации простоев;
- аппаратные средства съема информации с оборудования;
- устройства регистрации/ввода информации (например, PLM-терминал или ПК).

Система контроля управления доступом предназначена для обеспечения функционирования пропускной системы на объекте. Настройки системы контроля управления доступом позволяют разрешить/запретить доступ отдельным работникам в отдельные помещения. Также система регистрирует время нахождения работника на рабочем месте (в предприятии или непосредственно на производственном участке), обеспечение доступа к информационным системам предприятия.

Необходимые программно-аппаратные средства:

- система контроля управления доступом;
- устройства считывания на дверях/АРМ (для доступа к информационной системе).

Управление персоналом – планирование рабочего времени работников в соответствии с графиком/табелем рабочего времени, прогнозирование вы-

полнения производственного плана, планирование обучения персонала.

PLM-терминалы устанавливаются в производственной зоне непосредственно возле технологического оборудования как для каждой единицы, так и на группу оборудования. PLM-терминал (по сути АРМ) предназначен для взаимодействия производственного персонала с информационными системами предприятия:

- получение сменного-суточного задания;
- просмотр чертежей/3D-моделей, технологии изготовления деталей;
- ввод сопутствующей информации об изготовлении деталей (начало, окончание обработки, причины простоя оборудования и др.).

Необходимые программно-аппаратные средства:

- PLM-терминал с доступом к ЛВС для получения/передачи информации;
- принтер этикеток – печать наклеек со штрих-кодом;
- сканер штрих-кодов для идентификации деталей;
- устройство RFID для обеспечения доступа работника в систему;
- наличие ПО и лицензий просмотра информации (например, NX-viewer и др.).

Управление визуализацией состоит из двух основных блоков:

- динамическая визуализация – информационные табло/мониторы, которые информируют персонал о текущем состоянии функционирования производственного подразделения.
- статическая визуализация – информационные тексты, рисунки, линии, изображения, таблички, нанесенные на элементах конструкций зданий, стенах, полу и др. с целью обозначения опасных и безопасных зон, проходов, проездов, рабочих и складских зон, зон расположения предметов и средств, участвующих в производственном процессе.

Необходимые программно-аппаратные средства:

- информационные табло;
- видеосерверы;
- PLM-терминалы;
- информационная система генерирования информации.

Управление конструкторской документацией – САД-системы автоматизируют труд инженера-конструктора и позволяют решать задачи проектирования изделий. В САД-системы входят модули моделирования трехмерной объемной конструкции и оформления чертежей и текстовой конструкторской документации (спецификаций, ведомостей и т.д.).

Необходимые программно-аппаратные средства:

- АРМ с установленным ПО и лицензиями.

Управление технологической документацией – САМ-системы автоматизируют расчеты траекторий перемещения инструмента для обработки на станках с ЧПУ. Финальным продуктом САМ-систем является код управляющей программы, созданный на основе разработанного в САД-системе электронного чертежа или 3D-модели детали.

Необходимые программно-аппаратные средства:

- АРМ с установленным ПО и лицензиями.

PDM-система (система управления инженерными данными) представляет собой хранилище конструкторско-технологической документации. Программа позволяет быстро находить необходимые изделия, чертежи, схемы, геометрические модели деталей в САД/САМ-системах.

Необходимые программно-аппаратные средства:

- АРМ с установленным ПО, совместимым с используемыми САД/САМ-системами.

Управление организационно-распорядительной документацией – автоматизированная система документооборота, предназначенная для организации совместной работы сотрудников с документами. Программа позволяет вести учет входящей и исходящей корреспонденции, организационно-распорядительных документов.

Необходимые программно-аппаратные средства:

- АРМ с установленным ПО и лицензиями.

Управление договорной и закупочной документацией – автоматизированные ИС для управления закупочной деятельностью, бюджетирования, договорами, финансами, инвестициями и др.

Необходимые программно-аппаратные средства:

- АРМ с установленным ПО и лицензиями.

Управление проектами – деятельность по решению задач и достижению поставленных целей проекта, а также применение знаний, навыков, инструментов и методов для выполнения проекта в соответствии с заданными проекту требованиями.

Необходимые программно-аппаратные средства:

- АРМ с установленной информационной системой управления проектами.

Для функционирования всех систем также необходимы следующие ПАС:

- сетевые коммуникации;
- сетевое оборудование.

Описание проблемы

В настоящее время во многих предприятиях значительная часть систем не реализована либо реализована «в отрыве» от других систем. Реализация инструментов ведется разными компаниями, а создание интерфейсов интеграции, универсальных или ориентированных на какой-либо сторонний программный продукт, находится на ранней стадии развития. В основном компании делают упор развития ПО на его первоначальном направлении разработки, а для смежных областей разрабатывается отдельное ПО. Вследствие этого предприятия имеют набор разрозненных программных продуктов для каждого процесса/направления, результаты работы каждого из которых используются зачастую отдельно от других.

Применение результатов работы одного программного продукта в другом либо невозможно, либо трудоемко. Например, на основе результатов работы системы календарного планирования производства – сменного-суточного задания (по сформированному связкам: детали → технология → операция → инструмент или детали → технология → операция → заготовки) – формируется задание для кладовщиков, а также автоматизированных складских систем на подготовку и выдачу определенного оснащения, материалов, нахо-

дящихся на складах (взамен поиска нужного материала «по тетрадке»).

Для обеспечения комплексной работы и получения синергетического эффекта от имеющихся систем необходима их интеграция в единое цифровое пространство с применением интеллектуальных технологий, а также разработка и внедрение недостающих элементов системы.

Применение интеллектуальных технологий

При разработке системы интеграции, недостающих элементов системы для процесса управления производственными ресурсами предлагается внедрение интеллектуальных технологий на базе многоагентного подхода. В таком ПО агенты будут осуществлять комплексную работу в рамках каждого подпроцесса, в том числе в процессах взаимодействия друг с другом, такими как управление ресурсами [4–10], в том числе формирование календарного плана [11, 12], выполнение контроля наличия заготовок, оснащения и инструмента, а также планирование их использования при календарном планировании производства, планирование оборудования [13] и контроль его использования и обслуживания, контроль персонала и др., а также в рамках взаимодействия с информационными системами предприятия.

Отдельные элементы цифровизации были реализованы и апробированы ранее [14].

Кроме того, в рамках получения, передачи и визуализации информации необходима организация информационного обмена с блоком управления документами, а также с ВІ-системой, построенной также с применением агентного подхода, а для увеличения производительности часть элементов может быть реализована в виде распределенной информационной системы, а также с применением облачных технологий, что достаточно часто применяется при хранении/передаче/ обработке данных [15].

Заключение

В рамках данной статьи рассмотрена модель цифровизации производственного подразделения для обеспечения интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении производственным подразделением. Описаны основные объекты и процессы цифровизации производства, намечены направления для внедрения интеллектуальных технологий.

Полученные результаты являются в том числе продуктом деятельности АО «ОДК».

Библиографические ссылки

1. *Евгениев Г. Б.* Индустрия 5.0 как интеграция интернета знаний и интернета вещей // *Онтология проектирования*. 2019. Том 9, № 1 (31). С. 7–23.
2. *Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях инновационной экономики* : монография / М. А. Измайлова, М. А. Морозов, Н. С. Морозова, М. М. Морозов, А. Д. Бобрышев, О. В. Краснянская, О. Н. Борисова, М. А. Сидоров, М. Я. Веселовский, В. Е. Барковская, С. С. Голубев, Д. С. Пашенко, Н. М. Комаров, А. В. Федотов, В. В. Маслова, В. Г. Алексахина, В. Т. Гришина, О. Г. Бондаренко, В. В. Нефедьев, О. З. Матвеева, Е. В. Парфенова, Е. В. Докукина, А. В. Ткаченко, А. А. Кузнецова, А. В. Никонова, Н. С. Хорошавина. М. : Мир науки, 2021. 296 с.

3. *Krohn J.* Deep Learning Illustrated: A Visual, Interactive Guide to Artificial Intelligence (Addison-Wesley Data & Analytics Series). Addison-Wesley Professional, 2019, 416 p.

4. *Виноградов Г. П., Кузнецов В. Н.* Постнеклассический подход к проблеме построения модели поведения интеллектуального агента // *Теория активных систем: материалы международной научно-практической конференции*. Москва. 17–19 ноября 2014 г. М. : Изд-во Института проблем управления им. В. А. Трапезникова. 2014. С. 23–24.

5. Современное состояние и перспективы индустриальных применений многоагентных систем / В. И. Городецкий, О. Л. Бухвалов, П. О. Скобелев, И. В. Майоров // *Управление большими системами: сборник трудов*. 2017. № 66. С. 94–157.

6. *Rzevski G., Skobelev P.* Managing Complexity. UK: WIT Press, 2014. 216 p. ISBN 978-1845649364.

7. *Скобелев П. О.* Интеллектуальные системы управления ресурсами в реальном времени: принципы разработки, опыт промышленных внедрений и перспективы развития // *Приложение к журналу «Информационные технологии»*. 2013. № 1. С. 1–32.

8. Современное состояние и перспективы индустриальных применений многоагентных систем / В. И. Городецкий, О. Л. Бухвалов, П. О. Скобелев, И. В. Майоров // *Управление большими системами: сборник трудов*. 2017. № 66. С. 94–157.

9. *Тожиева Ф. К.* Многоагентные управления ресурсами в распределенных системах // *Молодой ученый*. 2020. № 25 (315). С. 47–49.

10. *Jarvenpää E., Järvenpää E., Siltala N., Hylli O., Lanz M.* The development of an ontology for describing the capabilities of manufacturing resources, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2019, vol. 30, pp. 959–978.

11. Оперативное управление ресурсами цехов предприятий на основе мультиагентного подхода / П. О. Скобелев, А. А. Жилиев, И. В. Майоров, В. Г. Елисеев, В. С. Травин, Е. В. Симонова // *Проблемы управления и моделирования в сложных системах* : труды XIX Международной конференции. 2017. С. 474–485.

12. *Rizvanov D., Yussupova N., Chernyshev E.* Resource Management Planning of Production Capacity // *Proceedings of the 21st International Workshop on Computer Science and Information Technologies Austria, Vienna, September 30 – October 04, 2019*, pp. 310–316. URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/csit-19/125927884>.

13. *Чернышев Е. С.* Алгоритмическое обеспечение поддержки принятия решений при планировании производственных мощностей предприятия с использованием многоагентного подхода // *Современные наукоемкие технологии*. 2021. №3. С. 88–95.

14. *Ризванов Д. А., Чернышев Е. С.* Модель интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении производственными ресурсами // *Современные наукоемкие технологии*. 2022. № 12 (часть 1) С. 46–51. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39435>. DOI: 10.17513/snt.39435.

15. *Боровский А. С., Ряполова Е. И.* Построение модели системы защиты в облачных технологиях на основе многоагентного подхода с использованием автоматной модели // *Вопросы кибербезопасности*. 2017. № 4 (22). С. 10–20. DOI: 10.21581/2311-3456-2017-4-10-20.

References

1. *Evgeniev G.B.* *Industriya 5.0 kakintegratsiyainternetsnaniinternetveshchei* [Industry 5.0 as an integration of the Internet of knowledge and the Internet of things]. *Ontologiya-proektirovaniya*, 2019, Vol. 9, no 1 (31), pp. 7–23 (in Russ).

2. Izmailova M.A., Morozov M.A., Morozova N.S., Morozov M.M., Bobryshev A.D., Krasnyanskaya O.V., Borisov O.N., Sidorov M.A., Veselovskii M.Ya., Barkovskaya V.E., Golubev S.S., Pashchenko D.S., Komarov N.M., Fedotov A.V., Maslova V.V., Aleksakhina V.G., Grishina V.T., Bondarenko O.G., Nefed'ev V.V., Matveeva O.Z., Parfenova E.V., Dokukina E.V., Tkachenko A.V., Kuznetsova A.A., Nikonorova A.V., Khoroshavina N.S. *Tsifrovaya transformatsiya promyshlennykh predpriyatii v usloviyakh innovatsionnoi ekonomiki* [Digital transformation of industrial enterprises in an innovative economy]. Moscow: Mir nauki Publ., 2021, 296 p. (in Russ.).
3. Krohn J. *Deep Learning Illustrated: A Visual, Interactive Guide to Artificial Intelligence* (Addison-Wesley Data & Analytics Series). Addison-Wesley Professional, 2019, 416 p.
4. Vinogradov G.P., Kuznetsov V.N. *Postneklassicheskii podkhod k probleme postroeniya modeli povedeniya intellektual'nogo agenta* [Postnonclassical approach to the problem of constructing a model of behavior of an intelligent agent]. *Teoriya aktivnykh sistem: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Moskva. 17-19 noyabrya 2014 g.* [Proc. Theory of active systems: materials of the international scientific and practical conference]. Moscow: Izd-vo Instituta problem upravleniyaim. V.A. Trapeznikova, 2014, pp. 23-24 (in Russ.).
5. Gorodetskii V.I., Bukhvalov O. L., Skobelev P. O., Maiorov I. V. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy industrial'nykh primenenii mnogoagentnykh sistem* [Current state and prospects of industrial applications of multi-agent systems]. *Upravlenie bol'shimi sistemami: sbornik trudov* [Managing large systems: a collection of works]. 2017, no. 66. Pp. 94-157 (in Russ.).
6. Rzevski G., Skobelev P. *Managing Complexity*. UK: WIT Press, 2014, 216 p.
7. Skobelev P.O. [Intelligent resource management systems in real time: principles of development, experience of industrial implementations and prospects for development]. *Prilozhenie k zhurnalu «Informatsionnye tekhnologii»*. 2013, no. 1, pp. 1-32 (in Russ.).
8. Gorodetskii V.I., Bukhvalov O.L., Skobelev P.O., Maiorov I.V. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy industrial'nykh primenenii mnogoagentnykh sistem* [Current state and prospects for industrial applications of multi-agent systems]. *Upravlenie bol'shimi sistemami: sbornik trudov* [Managing large systems: a collection of works]. 2017, no. 66, pp. 94-157 (in Russ.).
9. Tozhieva F.K. [Multi-agent resource management in distributed systems]. *Molodoi uchenyi*, 2020, no. 25, pp. 47-49 (in Russ.).
10. Jarvenpéd E., Järvenpää E., Siltala N., Hylli O., Lanz M. *The development of an ontology for describing the capabilities of manufacturing resources*, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2019, vol. 30, pp. 959-978.
11. Skobelev P.O., Zhilyaev A.A., Maiorov I.V., Eliseev V.G., Travin V.S., Simonova E.V. *Operativnoe upravlenie resursami tsekhov predpriyatii na osnove mul'tiagentnogo podkhoda* [Operational management of enterprise shop floor resources based on a multi-agent approach]. *Trudy XIX Mezhdunarodnoi konferentsii «Problemy upravleniya I modelirovaniya v slozhnykh sistemakh»* [Proc. Problems of control and modeling in complex systems]. 2017. Pp. 474-485 (in Russ.).
12. Rizvanov D., Yussupova N., Chernyshev E. *Resource Management Planning of Production Capacity*, *Proceedings of the 21st International Workshop on Computer Science and Information Technologies Austria, Vienna, September 30 – October 04, 2019*, pp. 310-316. Available at: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/csit-19/125927884>.
13. Chernyshev E.S. [Algorithmic support of decision-making in the planning of production capacities of the enterprise using a multi-agent approach]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2021, no. 3, pp. 88-95 (in Russ.).
14. Rizvanov D.A., Chernyshev E.S. [The model of intellectual decision support in the management of production resources]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2022, no. 12, pp. 46-51 (in Russ.). Available at: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39435>. DOI: 10.17513/snt.39435.
15. Borovskii A.S., Ryapolova E.I. [Building a model of a security system in cloud technologies based on a multi-agent approach using an automatic model]. *Voprosy kiberbezopasnosti*, 2017, no 4, pp. 10-20 (in Russ.). DOI: 10.21581/2311-3456-2017-4-10-20

* * *

Production Division Digitalization Model to Provide Intelligent Decision Support

D. A. Rizvanov, DSc in Engineering, Associate Professor, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

E. S. Chernyshev, PhD in Engineering, Ufa University of Science and Technology, Public Joint Stock Company «UEC-Ufa Engine Industrial Association», Ufa, Russia

S. E. Chernyshev, Student, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

This article presents and describes a digitalization model of a production division to provide intelligent decision support. The model includes four levels: the level of production resources, the level of information systems, the level of BI and the level of the decision maker. The main processes taking place in production are given. These processes relate both to the main ones – directly related to production, and to auxiliary ones – the processes of providing production with necessary items (materials, tools, blanks, components, documentation, other resources, and etc.).

The problems of the topic under consideration, which mainly consists in the absence of an integrated approach to process management, leading to processed information fragmentation and, often, the lack of interconnection between the processes and, consequently, their mutual effect, are described. Due to multitasking, as well as a large number of processed objects and connections, the use of intelligent control of these processes is necessary to ensure the successful operation of production. The main objects of digitalization of the production division are suggested. It is proposed to integrate the existing systems into a single digital space using intelligent technologies.

The information about previously developed prototypes of information systems and their testing is provided. Providing production with digital technologies both in accordance with the concept of "Industry 4.0" and for the purpose of their further development and transition to "Industry 5.0" will increase the manageability of production processes and, as a result, the effectiveness of

the production division. As a result, the necessary "basic set" of software and hardware has been identified, which introduction will increase the level of digitalization and intellectual manageability of the division.

Keywords: production division; digitalization; intelligent technologies; multi-agent approach; «Industry 4.0», «Industry 5.0».

Получено: 15.11.23

Образец цитирования

Ризванов Д. А., Чернышёв Е. С., Чернышев С. Е. Модель цифровизации производственного подразделения для обеспечения интеллектуальной поддержки принятия решений // Интеллектуальные системы в производстве. 2024. Т. 22, № 1. С. 93–99. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-1-93-99.

For Citation

Rizvanov D.A., Chernyshev E.S., Chernyshev S.E. [Production Division Digitalization Model To Provide Intelligent Decision Support]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2024, vol. 22, no. 1, pp. 93-99. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-1-93-99.