

# УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ В ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ

## RESOURCE MANAGEMENT IN FLEXIBLE PRODUCTION SYSTEMS BASED ON A DIGITAL BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PLATFORM

**A. Trishin**

*Summary.* The paper considers resource management mechanisms for flexible manufacturing systems based on a corporate digital business process management platform. It is shown how task management, workflow automation, notification mechanisms, and application programming interfaces can be used to support dispatching, monitor resource availability, and collect actual execution data. Requirements for data and interfaces within the «ERP/MES — dispatching layer — corporate platform» framework are analyzed. Recommendations for the formation of key performance indicators, visualization, and escalation procedures are provided, and implementation limitations and risks are discussed.

*Keywords:* flexible manufacturing systems, resource management, dispatching, digital platform, business process management, KPI, integration, API.

**Тришин Антон Константинович**

Аспирант, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет»  
Anton.trishin.98@mail.ru

*Аннотация.* Рассмотрены механизмы управления ресурсами гибких производственных систем на основе корпоративной цифровой платформы управления бизнес-процессами. Показано, каким образом инструменты задач, бизнес-процессов, уведомлений и программных интерфейсов могут использоваться для поддержки диспетчеризации, контроля доступности ресурсов и сбора фактических данных исполнения. Проанализированы требования к данным и интерфейсам в контуре «ERP/MES — контур диспетчеризации — корпоративная платформа». Приведены рекомендации по формированию ключевых показателей эффективности, визуализации и регламентов эскалации, а также обсуждены ограничения и риски внедрения.

*Ключевые слова:* гибкие производственные системы, управление ресурсами, диспетчеризация, цифровая платформа, управление бизнес-процессами, KPI, интеграция, API.

В условиях цифровой трансформации промышленности корпоративные цифровые платформы управления бизнес-процессами рассматриваются как универсальный инструмент организационного и информационного сопровождения управления предприятиями и производственными системами. Это обуславливает актуальность анализа механизмов управления ресурсами гибких производственных систем с использованием таких платформ, позволяющих увязать планирование, фактическое исполнение и управленческие реакции в едином информационном контуре. Для промышленного предприятия гибкость производства означает способность оперативно перераспределять мощности, персонал и вспомогательные ресурсы при изменении ассортимента, сроков и приоритетов заказов. Реализация данной способности невозможна без прозрачной картины доступности ресурсов и своевременных управленческих воздействий на уровне смены и производственного участка [1–3]. Существенная практическая проблема заключается в том, что информация о состоянии ресурсов часто распределена по разроз-

ненным информационным системам и неформальным каналам, что снижает качество диспетчеризации и повышает риск простоев и срывов сроков [4–7].

Современные цифровые платформы управления бизнес-процессами предоставляют инструменты для централизованного управления задачами, регламентами и взаимодействиями, что позволяет использовать их в качестве связующего звена между системами планирования и системами исполнения. Такие платформы обеспечивают формирование и сопровождение производственных заданий, контроль сроков и ответственности, а также сбор фактических данных, необходимых для анализа эффективности использования ресурсов.

Под ресурсом в гибкой производственной системе целесообразно понимать любой ограниченный фактор, необходимый для выполнения операции, включая оборудование и производственные ячейки, инструмент и оснастку, квалифицированный персонал, измерительные средства, транспортно-складскую инфраструктуру,

а также информационные объекты, такие как управляющие программы и технологические данные [1, 2]. Классические задачи производственного расписания формулируются с учетом ресурсных ограничений и технологических предшествований, однако в условиях гибких систем дополнительно учитываются альтернативные маршруты, ограничения на переналадку, группирование операций и стохастические возмущения, связанные с отказами оборудования и дефицитом материалов [4–6].

С практической точки зрения принципиально важно различать плановую и фактическую доступность ресурсов. Плановая доступность определяется календарями, графиками сменности и нормативами, тогда как фактическая доступность формируется под влиянием простоев, аварийных ситуаций и отсутствия персонала. Несовпадение между этими уровнями является основной причиной отклонений, требующих оперативного вмешательства диспетчерской службы. Организационный аспект управления ресурсами связан с закреплением ответственности за подтверждение доступности, фиксацию фактов и принятие решений о перепланировании, что требует формализованных регламентов и цифровой фиксации управленческих действий.

Диспетчеризация и перепланирование в гибких производственных системах (ГПС) отличаются от статического календарного планирования тем, что решения принимаются в условиях неполной информации и динамически изменяющихся ограничений. В исследованиях по динамическому расписанию выделяются событийно-ориентированные стратегии перепланирования, при которых пересчет выполняется при наступлении значимых событий, таких как аварии оборудования, задержки поставок или изменение приоритетов заказов [7]. При этом подчеркивается необходимость сочетания оптимизационных моделей и эвристических методов, поскольку полная оптимизация при каждом событии часто является вычислительно неэффективной для реальных производственных масштабов [3–6].

Эффективность использования ресурсов оценивается на основе системы ключевых показателей эффективности (Key Performance Indicators, KPI), включая коэффициенты загрузки оборудования, общую эффективность оборудования (Overall Equipment Effectiveness, OEE), долю простоев по причинам, соблюдение сроков выполнения заказов и показатели производительности труда [9, 14, 15]. Стандарт ISO 22400 задает общую рамку определения таких показателей, обеспечивая унификацию терминологии и сопоставимость данных [9]. Качество первичных данных является критическим фактором достоверности ключевых показателей эффективности, поэтому система управления ресурсами должна включать процессы оперативного сбора фактов, контроля полноты данных и распределения ответственности за их корректность.

Целью настоящей работы является разработка управленческого механизма, обеспечивающего единый реестр ресурсов и их атрибутов, контроль доступности и конфликтов, выпуск и сопровождение производственных заданий, сбор фактических данных исполнения, расчет и визуализацию KPI, а также регламент эскалаций и перепланирования. Информационная реализация такого механизма предполагает интеграцию с источниками мастер-данных, системами управления ресурсами предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP) и управления производственными процессами, поддержку событийных уведомлений, хранение истории изменений и наличие программного интерфейса приложения (Application Programming Interface, API) для обмена данными с внешними системами планирования и оптимизации [8, 18]. Методологической основой интеграции служит модель ISA-95, разделяющая уровни планирования, управления операциями и контроля оборудования [8].

В предлагаемой архитектуре корпоративная цифровая платформа управления бизнес-процессами используется как инструмент организационного сопровождения, обеспечивающий координацию участников, фиксацию договоренностей и контроль исполнения регламентов. При этом предполагается, что производственное расписание и технологические расчеты выполняются во внешнем контуре, включающем ERP, систему управления производственными процессами (Manufacturing Execution System, MES), систему синхронного планирования производства (Advanced Planning and Scheduling, APS), а цифровая платформа обеспечивает коммуникацию, эскалации и актуализацию статусов. Такая роль соответствует распространенной практике использования корпоративных платформ для согласований, мониторинга отклонений и взаимодействия между производственными подразделениями и службами управления.

Для управления ресурсами предлагается концепция данных, включающая сущности «Ресурс», «Операция», «Задание», «Смена/календарь», «Событие отклонения», «Простой», «Причина» и «KPI-период». Ресурс характеризуется типом, идентификатором, набором параметров, состоянием доступности и историей состояний. Задание связывает операцию, ресурс и временной интервал и содержит атрибуты приоритета, заказа и контрольных сроков. События отклонений фиксируются как отдельные записи, инициирующие регламент эскалации и возможное перепланирование.

Интеграционное взаимодействие между системами реализуется через программные интерфейсы приложений с использованием архитектурного подхода на ресурсно-ориентированной архитектуре (REST), что обеспечивает двусторонний обмен плановыми и фактическими данными. Для повышения устойчивости реко-

мендуется использование промежуточного интеграционного слоя, отвечающего за трансформацию данных, управление очередями сообщений и журналирование операций [16, 17].

Приоритизация заданий рассматривается как стратегический инструмент управления ресурсами, направленный на максимизацию результата при ограниченных возможностях производства. Выпуск заданий целесообразно организовывать по принципу ограниченного горизонта, что снижает операционную нагрузку и повышает управляемость. Контроль конфликтов ресурсов осуществляется путем сопоставления назначений на пересекающиеся временные интервалы и анализа состояния ресурсов, а при обнаружении конфликтов запускаются регламентированные процедуры согласования и перепланирования.

Сбор фактических данных осуществляется на уровне задач и событий и включает фиксацию состояний выполнения, причин простоев и результатов контроля качества. Расчет KPI выполняется путем сопоставления плановых и фактических показателей с последующей агрегацией по заданным периодам и визуализацией в отчетах и панелях управления. При формировании системы показателей рекомендуется ориентироваться на требования ISO 22400 и практику применения OEE [9, 14, 15].

Ожидаемый эффект от внедрения предлагаемого подхода заключается в снижении времени реакции

на отклонения, уменьшении доли простоев по организационным причинам и повышении дисциплины исполнения регламентов, что на уровне управленческих показателей может проявляться ростом эффективности использования оборудования и увеличением доли заданий, выполненных в срок. К ограничениям подхода относятся зависимость от качества исходных данных, необходимость обучения персонала и то, что цифровая платформа управления бизнес-процессами не заменяет специализированные системы оптимизации расписаний, а выполняет функцию координации и контроля.

В заключение отметим, что предложенный подход позволяет рассматривать управление ресурсами гибких производственных систем (ГПС) как совокупность взаимосвязанных процессов, поддержанных корпоративной цифровой платформой, обеспечивающей интеграцию управленческих и операционных контуров. Научная новизна работы заключается в формализации роли корпоративной цифровой платформы управления бизнес-процессами как самостоятельного инструмента организационно-управленческого уровня в контуре управления ГПС, дополняющего классическую связку ERP/MES/APS. В отличие от известных подходов, акцент сделан не на оптимизационных алгоритмах расписаний, а на регламентированном механизме координации, эскалаций и фиксации управленческих решений, обеспечивающем воспроизводимость и аналитическую интерпретируемость процессов управления ресурсами

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Любимов В.И. Организационно-технические основы гибкого автоматизированного производства. [Электронный документ]. URL: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/5430/Organizacionno\\_tekhnicheskie\\_osnovy.pdf](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/5430/Organizacionno_tekhnicheskie_osnovy.pdf) (дата обращения: 04.02.2026).
2. Артамонов В.Д. Технология автоматизированного производства. Тула: ТулГУ, 2012. 312 с. / 6.3 Основные понятия и определения, относящиеся к гибкому производству [Электронный документ]. — URL: <https://studfile.net/preview/12132030/page:28/> (дата обращения: 03.02.2026).
3. Chinnusamy T.R., Karthikeyan T, et al., A Comprehensive Survey of Flexible Manufacturing System Scheduling Using Petri Nets [Электронный документ]. — URL: [https://www.researchgate.net/profile/Karthikeyan-t-6/publication/269361603\\_A\\_Comprehensive\\_Survey\\_of\\_Flexible\\_Manufacturing\\_System\\_Scheduling\\_Using\\_Petri\\_Nets/links/58876347aca272b7b4522a85/A-Comprehensive-Survey-of-Flexible-Manufacturing-System-Scheduling-Using-Petri-Nets.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Karthikeyan-t-6/publication/269361603_A_Comprehensive_Survey_of_Flexible_Manufacturing_System_Scheduling_Using_Petri_Nets/links/58876347aca272b7b4522a85/A-Comprehensive-Survey-of-Flexible-Manufacturing-System-Scheduling-Using-Petri-Nets.pdf) (дата обращения: 01.02.2026).
4. Basnet C. Scheduling and control of flexible manufacturing systems // International Journal of Computer Integrated Manufacturing. 1994. Vol. 7, No. 5. P. 340–353. [Электронный документ]. — URL: [https://archive.org/details/sim\\_international-journal-computer-integrated-manufacturing\\_1994\\_7\\_contents](https://archive.org/details/sim_international-journal-computer-integrated-manufacturing_1994_7_contents) (дата обращения: 01.02.2026).
5. Novas J. M., Henning G. P. Integrated scheduling of resource-constrained flexible manufacturing systems // Expert Systems with Applications. 2014. Vol. 41, Iss. 5. P. 2286–2299. DOI: 10.1016/j.eswa.2013.09.026.
6. Błażewicz J., Ecker K.H., Pesch E., Schmidt G., Weglarz J. Scheduling in computer and manufacturing systems. Berlin; Heidelberg: Springer, 1993. 481 p.
7. Ouelhadj D., Petrovic S. A survey of dynamic scheduling in manufacturing systems // Journal of Scheduling. 2009. Vol. 12. P. 417–431. [Электронный документ] — URL: <https://akturk.bilkent.edu.tr/ie573/Petrovic.pdf> (дата обращения: 17.12.2025).
8. ANSI/ISA-95.00.03-2005. Enterprise-Control System Integration. Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management. [Электронный документ]. — URL: [https://ipc01.sciarium.net/0953/09533366\\_42D20E90/ansiisa9500032005\\_enterprisecontrol\\_system\\_integration\\_part.pdf](https://ipc01.sciarium.net/0953/09533366_42D20E90/ansiisa9500032005_enterprisecontrol_system_integration_part.pdf) (дата обращения: 03.02.2026).
9. ГОСТ Р ИСО 22400-2–2019. Системы промышленной автоматизации и интеграция. Ключевые технико-экономические показатели (KPI) для управления производственными операциями. Ч. 2. Определения и описания. [Электронный документ]. — URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293725/4293725864.pdf> (дата обращения: 01.02.2026).
10. Репин В.В., Елиферов В.Г. Бизнес-процессы: моделирование, анализ, регламентация. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. — 544 с.
11. Кулябов Д.С. Анализ процессов на основе журналов событий. — М.: МАКС Пресс, 2018. — 216 с.

12. Мишин В.М. Процессный подход к управлению организацией. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. — 415 с.
13. Фатхутдинов Р. А. Управленческие решения. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 352 с.
14. Zhu L., Johnsson C., Andersson C. Key performance indicators for manufacturing operations management: gap analysis between industrial needs and ISO 22400 // Procedia Manufacturing. 2018. Vol. 25. P. 82–88. [Электронный документ]. — URL: [https://www.academia.edu/attachments/110950992/download\\_file](https://www.academia.edu/attachments/110950992/download_file) (дата обращения: 02.02.2026).
15. Алгоритм расчета ОЕЕ как самого универсального и современного показателя эффективности оборудования в мире [Электронный документ]. — URL: <https://up-pro.ru/library/repair/tpm/algorithm-rascheta-oee/> (дата обращения: 04.02.2026).
16. Липаев В.В. Проектирование программных систем. — М.: Радио и связь, 1986. — 296 с.
17. Pautasso C., Zimmermann O., Leymann F. RESTful web services vs. big web services: making the right architectural decision // Proceedings of the 17th International World Wide Web Conference. 2008. P. 805–814. [Электронный документ]. — URL: <https://www.conference.org/wp-content/uploads/2025/01/p805-pautassoA.pdf> (дата обращения: 04.02.2026).
18. 1С: ERP. Управление предприятием [Электронный документ]. — URL: <https://v8.1c.ru/erp/production/> (дата обращения: 18.12.2025).

---

© Тришин Антон Константинович (Anton.trishin.98@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»