

УДК: 658.512.6

DOI: 10.30987/article_5cf2d32c0f5a12.75882726

М.А. Шутиков, А.Н. Феофанов

ПЛАНИРОВАНИЕ ЗАГРУЗКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СОВМЕСТНО СО СТАНОЧНЫМ ПАРКОМ ПРИ ПОМОЩИ MES-СИСТЕМЫ

В статье указано, что применение средств автоматизации производства является актуальным в настоящий момент. Сформулировано, что одним из инструментов автоматизации являются MES-системы. Описаны задачи, которые решают MES-системы, указаны преимущества от внедрения системы оптимальной загрузки измерительного оборудования совместно со станочным парком. Приведен опыт внедрения MES-систем на российских предприятиях. Выявлено, что внедрение MES-систем позволяет получить значительный положительный результат функционирования различных процессов предприятия, и как следствие, позволяет повысить его конкурентоспособность.

Ключевые слова: автоматизация, MES-система, загрузка оборудования, производственное расписание, Индустрия 4.0.

M.A. Shutikov, A.N. Feofanov

PLANNING OF MEASURING EQUIPMENT TOGETHER WITH A MACHINE-TOOL FLEET WITH THE HELP OF MES-SYSTEM

The article states that the use of automation of production is relevant at the moment. It is formulated that one of the automation tools are MES-systems. The tasks that MES-systems solve are described, the advantages of introducing the system of optimal loading of measuring equipment together with machine-tool fleet are indicated. The experience of MES-systems implementation at Russian enterprises is given. It is revealed that the introduction of MES-systems allows to obtain a significant positive result of the functioning of various processes of the enterprise, and as a result, allows to increase its competitiveness.

Keywords: automatization, MES-system, equipment loading, production schedule, Industry 4.0.

Введение

Современные условия развития промышленности, характеризующиеся ключевой ролью информации в процессах функционирования организации ставят перед предприятиями задачи применения стратегий Индустрии 4.0. Реализация данной стратегии предполагает внедрение различных инструментов автоматизации и цифровизации. К ним можно отнести различные продукты, такие как цифровые двойники изделий и производства, системы CAD/CAM/CAE, системы автоматизации управления деятельностью организации, такие как, например, ERP (Enterprise Resource Planning) или MES (Manufacturing Execution System).

1. Функции MES-систем

Системы MES планируют технологические операции, выполняемые на определенных рабочих местах. К основным задачам, которые решают системы этого класса, можно отнести задачи оптимизации, оперативного планирования, управления производственными процессами, оперативного перерасчета производственного расписания. Применяемый в MES системах аппарат расчета производственных расписаний позволяет учесть взаимосвязь всех элементов оперативного плана, обеспечить выбор альтернативных технологических маршрутов и адаптивный режим управления материальными потоками[1]. Собирая и обобщая данные, полученные от различных производственных систем и технологических

линий, *MES*-системы выводят на более высокий уровень организацию всей производственной деятельности, начиная от формирования производственного заказа и до отгрузки готовой продукции на склады, а также позволяют эффективно загружать оборудование за счет расчета оптимального производственного расписания выполняемых на нем работ. Кроме того, *MES* позволяет моделировать различные производственные ситуации, например, рассчитать оптимальную загрузку оборудования в случае выхода станка из строя. Это позволяет планировать производственное расписание при необходимости проведения планового или внеочередного ремонта оборудования. Так же, существует возможность планировать производственное расписание с различными ограничениями (например, ограничения по потреблению электроэнергии оборудованием, по наличию специфической оснастки, необходимости присутствия оператора на определенных рабочих местах, и т. д.). Система будет учитывать подобные ограничения и, исходя из поставленных условий составлять производственное расписание. Для решения задачи оперативного планирования в *MES*-системах строится динамическая компьютерная модель производства. Она реализует непрерывное имитационное моделирование движения материальных потоков внутри организации в соответствии с технологическими маршрутами. [2]. Эвристические алгоритмы расчета производственных расписаний являются ядром *MES* систем и охраняются в режиме ноу-хау [1].

В *MES* производственное расписание визуально представляется с помощью диаграммы Гантта. Диаграмма Гантта – это вид столбчатых диаграмм, которые служат для наглядного представления плана работ с учетом их длительности. Она является одним из методов планирования проектов. В общем виде, по одной из осей диаграммы откладываются производимые работы, процессы, действия, другая ось является временной шкалой. Соответственно, каждая работа, процесс визуализируется полосой (отрезком), длина которой соответствует продолжительности данной работы или процесса. Обычно, первая по очередности работа наносится сверху, вторая – ниже, и так далее, до конечной работы или процесса. Таким образом, диаграмма Гантта визуализирует любую последовательность процессов, в том числе и производственное расписание организации, удобным для восприятия образом.

Несмотря на то, что принципы рабочих технологических процессов на предприятиях машиностроительной сферы в целом похожи, каждое предприятие имеет свои индивидуальные особенности. Таким образом, при внедрении автоматизированной системы оптимальной загрузки оборудования необходимо учитывать концепцию построения технологических процессов конкретного предприятия. В свою очередь, каждое предприятие подбирает систему исходя из своих потребностей. На технологические процессы, которые подвергаются автоматизации, влияет номенклатура станочного оборудования, степень загруженности оборудования и всей технологической линии, логистика внутри производства, степень влияния работы конкретной линии на общий результат работы предприятия.

К преимуществам применения *MES*-систем можно отнести:

- повышение коэффициента загрузки оборудования;
- повышение производительности оборудования и всей технологической линии;
- понижение или полное исключение влияния человеческого фактора;
- автоматизация производственных процессов;
- обеспечение персонала и оборудование адекватной и актуальной информацией, необходимой для эффективного функционирования технологического процесса.

2. Опыт внедрения *MES*-систем на предприятиях российской экономики

В РФ *MES*-системы получают все большее признание. Особенно востребованы системы *MES* на предприятиях с многоуровневыми технологическими процессами, которые зависят

от множества факторов: температурного режима, давления, энергопотребления и др. На предприятиях Концерна «Калашников» была разработана собственная *MES*-система, удовлетворяющая потребностям организаций именно данного Концерна[3]. Воронежское предприятие группы СИБУР «Воронежсинтезкаучук» внедрило *MES*-систему, позволяющую отслеживать весь технологический процесс, начиная от стадии приемки сырья до отгрузки готовой продукции на склад [4]. Возможности системы таковы, что руководство способно в любой момент оценить оперативную обстановку на всем предприятии, сделать соответствующие выводы и фактически мгновенно скорректировать процесс. Результаты подобных внедрений во многом оцениваются с финансовой точки зрения, а на рентабельность влияют и оптимизация технологического процесса, и сокращение издержек, и повышение дисциплины и культуры труда. ОАО «Пивоваренная компания «Балтика», входящая международную группу компаний *Carlsberg*, после внедрения *MES*-системы добилась повышения точности управления технологическим процессом, возможности проводить мониторинг работы производственных линий в режиме реального времени, повышения оперативности реагирования на изменение качественных показателей или оперативно выявлять скрытые неполадки, приводящие к потерям и остановкам технологического оборудования, позволяет нормировать и контролировать производственные события на уровне производства, а также рассчитывать потери по партии в режиме реального времени.[5]

По данным статистики *MES* обеспечивает:

- снижение продолжительности цикла производства в среднем на 45%;
- сокращение времени ввода данных, обычно на 75% или более;
- сокращение количества незавершенной продукции в среднем на 24%;
- снижение объема бумажной отчетности между сменами в среднем на 61%;
- сокращение времени освоения новой продукции в среднем на 27%;
- сокращение бумажной документации в среднем на 56%;
- сокращение объема брака в среднем на 18%.

3. Применение *MES*-системы для расчёта производственного расписания

Однако, часто возникает ситуация, когда после изготовления партии продукции при ее контроле обнаруживается брак. В этом случае возникает необходимость изготовить недостающее количество годных деталей, или исправить бракованные детали, если брак исправимый. Ситуация может осложниться тем, что изготовленную партию заказчик требует к определённому сроку, а для того, чтобы изготовить недостающее количество деталей, необходимо выделить временные и производственные ресурсы. *MES*-система предоставляет возможности рационально перераспределить загрузку оборудования, изготовить необходимое количество изделий без негативных последствий для выполнения текущих заказов.

Обычно, контролем изготовленной продукции занимается отдел технического контроля с помощью различного оборудования, например, координатно-измерительных машин. Внедрение *MES*-системы в деятельность отдела технического контроля позволит значительно повысить оперативность и эффективность работы в случае обнаружения бракованной продукции. После измерения параметров изделий в автоматизированном режиме составляется протокол измерений. В случае, если забракованной продукции нет, то составляется отчет о прохождении продукции контроля и продукция передается заказчику.[6]

В случае, если обнаруживается бракованная продукция, данные о её количестве и характере брака в автоматизированном режиме передаются в *MES*-систему, которая в автоматизированном режиме пересчитывает производственное расписание таким образом, чтобы рационально загрузить станочное оборудование без срыва сроков действующих

заказов (Рис.1). Произведенный перерасчет с помощью диаграммы Гантта может посмотреть любой уполномоченный сотрудник. Производственное расписание поддерживается в оптимальном состоянии за счет непрерывной компенсации отклонений методом коррекции либо полного перерасчета.

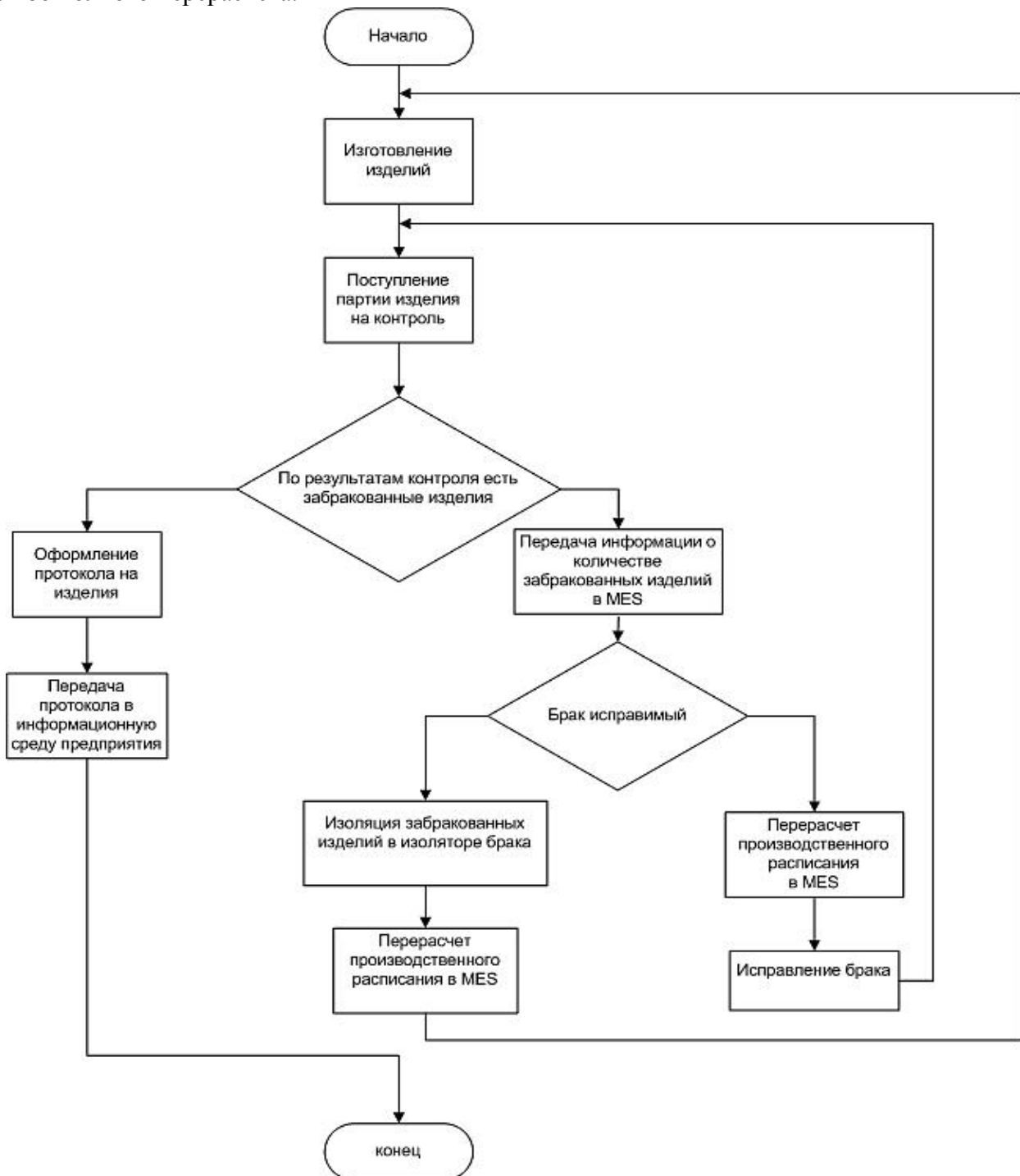


Рис. 1. Алгоритм работы MES-системы при забраковке изделий

Выводы

Таким образом, внедрение *MES*-систем позволяет получить значительный положительный результат функционирования различных процессов предприятия, и как

следствие, позволяет повысить конкурентоспособность производства. Повышается оперативность реагирования на возникновение ситуаций, при которых необходимо перераспределить направление материальных потоков на предприятии, повышается прослеживаемость и прозрачность функционирования предприятия [7]. Однако, для получения необходимого положительного эффекта при внедрении *MES*-системы на предприятии необходимо учитывать характеристики и количество выпускаемой продукции, количество и характеристики станочного оборудования, степень его использования. Применение *MES*-систем дает возможность составлять и своевременно корректировать производственные расписания, что, в свою очередь, позволяет более точно определить фактическую себестоимость изготовления как каждой отдельной детали, так и всего изделия в целом [8].

К тому же, применение систем такого типа дает преимущества, связанные с повышением прозрачности производства. Это позволит повысить оперативность, достоверность и прослеживаемость операций функционирования предприятия. Кроме того, прозрачность функционирования позволяет предоставлять адекватные сведения контролирующим органам, таким как представители военного заказчика или аудиторам.

Список литературы:

1. Будник Р. *MES*-системы: задачи и решения. // Мир компьютерной автоматизации. 2003. №4. С.74-78.
2. Феофанов А.Н., Шутиков М.А., Пономарев К.С. Применение *MES*-систем для контроля геометрических параметров подшипников. // Вестник МГТУ Станкин. 2018. №4. С. 78-83.
3. Бухаров В.А. Опыт внедрения системы управления производством. // РИТМ Машиностроения. 2018. №8. С. 27-30.
4. Клим М.И. Зачем гиганту *MES*-система. Опыт одного внедрения. // Журнал «ИСУП». 2016. № 5(65).
5. <https://www.wonderware.ru/> (дата обращения 23.02.2019) Внедрение системы *MES* в пивоваренной отрасли – URL: <https://www.wonderware.ru/wonderware-success-stories-in-russian/ss-food-and-beverage/>
6. Соломенцев Ю.М., Феофанов А.Н., Бондарчук Н.Д. Проблемы мирового рынка станкостроения в 1980-2017. // Технология машиностроения. 2017. №9 (183). С. 15-19.
7. Феофанов А.Н., Пономарев К.С., Шутиков М.А. Системы электронного документооборота как инструмент цифровой экономики. // Технология машиностроения. 2018. № 9. С. 69-74.
8. Соломенцев Ю.М., Фролов Е.Б., Феофанов А.Н. Оперативное планирование и управление машиностроительным производством на основе исполнительных производственных систем. // Технология машиностроения. 2017. № 8. С. 41-43.

References:

1. Budnik R. (2003) *MES*-systems: tasks and solutions // The world of computer automation No. 4, pp. 74-78. [in Russian language]
2. Feofanov A.N., Shutikov M.A., Ponomarev K.S. (2018). Application of *MES*-systems for control of geometrical parameters of bearings // Vestnik of MSTU “Stankin”, No. 4, pp. 78-83. [in Russian language]
3. Buharov V.A. (2018). Experience in implementing a production management system // Rhythm of Machinery, No. 8, pp. 27-30. [in Russian language]
4. Klim M.I. (2016). Why would a giant must *MES*-system have? One implementation experience // Magazine “ISUP”, No. 5 (65), [in Russian language]
5. <https://www.wonderware.ru/> (treatment date 23.02.2019) Implementation of the *MES* system in the brewing industry – URL: <https://www.wonderware.ru/wonderware-success-stories-in-russian/ss-food-and-beverage/>
6. Solomentsev Yu. M., Feofanov A. N., Bondarchuk N. D. (2017). Problems of the machine-tool industry world market in 1980—2017. // Tekhnologiya Mashinostroeniya. No. 9, pp. 15-19 [in Russian language]
7. Feofanov A.N., Ponomarev K.S., Shutikov M.A. (2018). Electronic document management systems as a tool of digital economy // Tekhnologiya Mashinostroeniya. No. 9, pp. 67-74 [in Russian language]
8. Solomentsev Yu.M., Frolov E.B., Feofanov A.N. (2017). Operational planning and management of machinery production basing on executory production systems // Russian Engineering Research. No. 8, pp. 41-43 [in Russian language]

Статья поступила в редколлегию 18.03.19.

Рецензент: д.т.н., доцент Брянского государственного технического университета

Аверченков А.В.

Статья принята к публикации 29.04.19.

Сведения об авторах

Феофанов Александр Николаевич

Доктор технических наук, профессор кафедры
«Инженерная графика» ФГБОУ ВО МГТУ «Станкин»
тел.: 8 (903) 724-24-91
E-mail: feofanov.fan1@yandex.ru

Шутиков Михаил Александрович

Аспирант кафедры «Автоматизированные Системы
Обработки Информации и Управления»
ФГБОУ ВО МГТУ «Станкин»
тел.: 8 (916) 213-48-35
E-mail: mi.shutikov93@yandex.ru

Information about authors:

Feofanov Alexander Nikolaevich

PhD in Engineering, professor of department of
engineering graphics FGBOU VO "MSTU" STANKIN"
tel.: +7 (903) 7242491
E-mail: feofanov.fan1@yandex.ru

Shutikov Mikhail Aleksandrovich

postgraduate of automated data processing systems and
management department FGBOU VO "MSTU"
STANKIN "
tel.: +7 (916) 2134835
E-mail: mi.shutikov93@yandex.ru

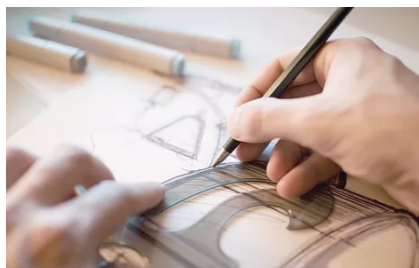


Лаборатория инженерии материалов и адаптивных технологических систем



Научная лаборатория создана в 2017 году на базе Брянского государственного технического университета.

Исследуемые направления:



Изготовление
подшипников скольжения
с применением древесно-
металлических
композиционных
материалов.

Проектирование
производство
инструмента по
чертежам заказчика.

и Восстановление и упрочнение
режущего ковшевого технологического
оборудования экскаваторной и
бульдозерной техники.

(Контактное лицо – д-р техн. наук, проф. Пыриков Павел Генадьевич)

Тел. моб. +7-910-331-73-64. E-mail: pyrikovpg@mail.ru

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Брянский государственный технический университет"

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: (4832) 56-49-90. E-mail: aim-ru@mail.ru

Вёрстка А.А. Алисов. Корректор А.Ю. Малюкина.

Сдано в набор 23.05.2019. Выход в свет 28.06.2019.

Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,88.

Тираж 500 экз. Свободная цена.

Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
"Брянский государственный технический университет"

241035, Брянская область, г. Брянск, ул. Институтская, 16