

DOI 10.23859/1994-0637-2019-3-90-2

УДК 004.45

© Мяловский В. А., Логунова О. С., 2019

Мяловский Виталий Алексеевич
Аспирант,
Магнитогорский государственный
технический университет им. Г. И. Носова
(Магнитогорск, Россия)
E-mail: m.vitalik94@gmail.com

Myalovsky Vitaly Alekseevich
Post-graduate student,
Magnitogorsk State Technical University
(Magnitogorsk, Russia)
E-mail: m.vitalik94@gmail.com

Логунова Оксана Сергеевна
Доктор технических наук, профессор,
Магнитогорский государственный
технический университет им. Г. И. Носова
(Магнитогорск, Россия)
E-mail: logunova66@gmail.com

Logunova Oksana Sergeevna
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Magnitogorsk State Technical University
(Magnitogorsk, Russia)
E-mail: logunova66@gmail.com

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ
ПОСТРОЕНИЯ
ИНТЕГРАЦИОННОГО СЛОЯ:
МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ПОТОКОВ И РЕАЛИЗАЦИЯ
ОБРАТНОЙ СВЯЗИ**

**CONCEPTUAL MODELS OF
CONSTRUCTION OF INTEGRATION
LAYER: MODEL OF INFORMATION
FLOWS AND REALIZATION
OF FEEDBACK**

Аннотация. Целью исследования является создание дополнительного программного комплекса для повышения эффективности производственного технологического процесса на основе оперативной передачи релевантной информации. При выполнении исследования разработана схема информационных потоков между существующими элементами корпоративной информационной системы и разработанным программным продуктом. Для реализации обратной связи был создан макет мнемосхемы с индикацией агрегатов и возможностью просмотра нарушений параметров для оперативного воздействия на технологический процесс. Исследование проведено в 2017–2018 гг. в компании «Исследовательско-технологический центр “Аусферр”». При проведении исследования применялся метод концептуального моделирования для построения элементов интеграционного слоя. Разработка программного комплекса позволяет повысить эффективность производственного технологического процесса за счет наличия новых функций информационного обеспечения АСУ ТП: сбор и хранение данных; отслеживание и генеалогия продукции; управление качеством.

Abstract. The aim of the study is to create an additional software package to improve the efficiency of the production process based on the prompt transfer of relevant information. During the research, a scheme of information flows between the existing elements of the corporate information system and the developed software product was developed. To implement feedback, a mnemonic scheme was developed with an indication of the units and the ability to view violations of technological parameters for operational impact on the technological process. The study was conducted in 2017–2018 in the company “Research and Technology Center ‘Ausferr’”. In conducting the study, the conceptual modeling method to build the elements of the integration layer. The development of a software package makes it possible to increase the efficiency of the production process through the availability of new information support functions for the automated process control system: data collection and storage; product tracking and genealogy; quality control.

Ключевые слова: MES-системы, генеалогия продукции, система контроля технологии, управление качеством, мнемосхема

Keywords: MES-systems, product genealogy, technology control system, quality

Введение

В современном мире связь между информационными технологиями и промышленными предприятиями стала неразрывной. Большинство комбинатов, фабрик и заводов формируют свои корпоративные информационные системы, которые обеспечивают повышение их эффективности. Однако конкуренция заставляет предприятия продолжать развиваться, соответственно, выдвигаются новые требования к информационным системам, позволяющие оптимизировать производство. Для этого в настоящее время на крупных предприятиях внедряются MES (Manufacturing Execution System) [3], [4], [7].

В 1994 г. Международной ассоциацией производителей систем управления производством определено одиннадцать функций, которыми должна обладать MES: контроль состояния и распределение ресурсов, оперативное детальное планирование, диспетчеризация, управление документом, сбор и хранение данных, управление персоналом, управление качеством, управление производственными процессами, управление техническим обслуживанием и ремонтом, отслеживание и генеалогия продукции, анализ производительности [1].

В 2004 г. функции (управление документом, управление техническим обслуживанием и ремонтом, оперативное детальное планирование), относящиеся к системам ERP (Enterprise Resource Planning) и SCM (Supply Chain Management), упразднены [9].

В настоящее время почти на всех крупных металлургических предприятиях (например, ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ПАО «Мечел», ООО «Великолукский механический завод», ПАО «Северсталь», ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» и др.) внедрены MES.

Данные системы эффективно справляются со своими задачами, но основной проблемой является реализация независимых MES на каждом этапе передела (цехе). Каждая из MES является локальной, и доступ к информации обеспечен персоналу только данного цеха [2], [8]. Взаимодействие между производственными системами разных этапов передела ограничено. В большинстве случаев передача металлопродукции из одного цеха в другой сопровождается сертификатом на единицу продукции, в котором указана лишь основная информация: маркировка, ГОСТы на производимую продукцию, геометрические параметры, заказчик, информация о химическом составе и т. д. При таком наборе данных остается нерешенной проблема обеспечения доступности отслеживания генеалогии и информации о качестве продукции.

Для решения данной проблемы при автоматизации сложных многостадийных производств с использованием MES требуется разработка дополнительного программного комплекса, настраивающего взаимодействие со всеми MES. Дополнительное программное обеспечение собирает всю информацию по качеству и посредством интеграционного слоя предоставляет определенному кругу специалистов доступ к этим данным на любом этапе производства, через который проходит произво-

димая продукция, начиная от первого передела (выплавки) до последнего (покрытие металлопродукции защитным покрытием и т. д.).

Целью создания дополнительного программного комплекса является повышение эффективности производственного технологического процесса на основе оперативной передачи релевантной информации.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- обеспечение эффективного сбора и хранения данных;
- проектирование и разработка программного обеспечения для управление качеством;
- проектирование и разработка программного обеспечения для отслеживания и генеалогии продукции.

Основная часть

Схема информационных потоков между модулями корпоративной информационной системы

В условиях корпоративной информационной системы (КИС) разработана схема информационных потоков между системами (см. рис. 1) и введены следующие обозначения: I_0 – передача технологических параметров; I_1 – передача нормативно-справочной информации; I_2 – передача обработанной информации; I_3 – обратная связь посредством мнемосхемы. В итоге формируется информационный поток $I = \{I_0, I_1, I_2, I_3\}$, в котором каждый из потоков структурирован по типу взаимодействия между системами.

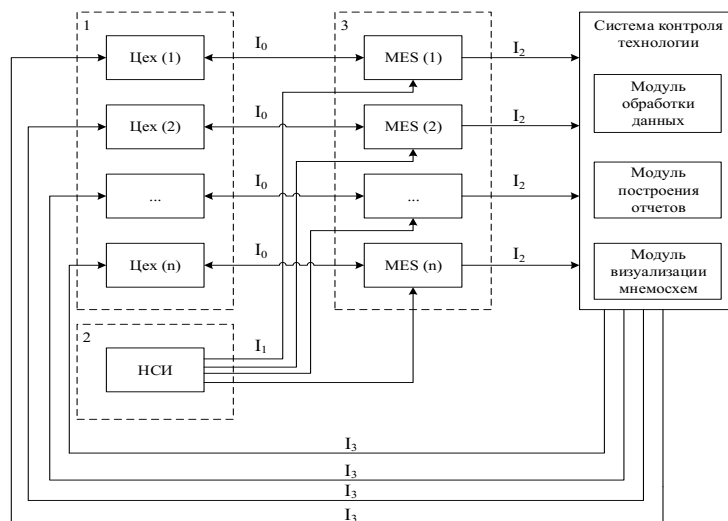


Рис. 1. Схема информационных потоков между системами

Из цехов передела (блок № 1) в MES соответствующего цеха (блок № 3) поступают все значения технологических параметров (температурные режимы, масса покрытия, толщина полосы и другие) по каждой единице продукции, также поступает информация из справочника нормативов (блок № 2).

В каждой из MES специальный программный модуль производит сравнение фактических значений технологических параметров и нормативов, в дальнейшем происходит рекомендация по принятию решения о качестве продукции.

Ввиду обработки большого количества данных (I_0, I_1) (более 1560 значений на каждую единицу продукции) при репликации информации из MES в систему контроля технологии проводится исключение параметров, непринципиальных для анализа качества, применяются максимально компактные информационные структуры, проводится реструктуризация данных и преобразование к максимально эффективным типам и форматам без потери точности для дальнейшего анализа [5], [6], [10], [11]. Примеры реструктуризации и преобразования: при хранении данных вертикально они преобразовываются в горизонтальную структуру и группируются по этапам передела; в случае числовых значений происходит вычисление максимального количество символов в целой и дробной части числа, после чего накладывается ограничение на размерность поля.

Модель обратной связи с использованием мнемосхемы

После получения данных Система контроля технологии производит первичную обработку. На этой стадии уже начинают формироваться отчеты, не требующие полной генеалогии (например, отчет об уровне выполнения технологии), и мнемосхема с индикацией нарушений на агрегатах в реальном времени (см. рис. 2), что позволяет оперативно отслеживать нарушения на единице продукции, вышедшей из агрегата. На рис. 2 продемонстрирована работа мнемосхемы на примере двух агрегатов. На рис. 2 (а) представлен агрегат, обозначающий отсутствие нарушений у единицы продукции; на рис. 2 (б) изображен агрегат, свидетельствующий о нарушениях, которые есть у произведенной единицы продукции, и при щелчке мыши по агрегату мы можем увидеть список нарушенных технологических параметров и их фактические и нормативные значения (см. рис. 2 (с)). Под каждым агрегатом присутствует строка, идентифицирующая единицу продукции по маркировке, марке и ГОСТу на производство [12], [14].

При дальнейшей обработке полученной информации в программном комплексе начинают формироваться связи между единицами продукции разных переделов для полной генеалогии, что позволяет в дальнейшем создать сквозной технологический паспорт и другие отчеты для формирования статистики и прогнозирования.



Нарушения технологии

Технологические параметры с отклонениями от нормативов	Норматив	Фактическое значение
Масса покрытия сверху (г/м ²)	75-85	76.9; 81.817; 85.1
Масса покрытия снизу (г/м ²)	75-85	76.4; 80.474; 86.8
Скорость полосы в технологической секции (м/мин)	70-100	89.573; 94.279; 100.473
Температура полосы на выходе из секции медленного охлаждения	670-700	707.344; 710.784; 722.106
Температура полосы на выходе из секции ускоренного охлаждения Зоны 3	450-470	537.603; 554.063; 575.018
Удлинение на дрессировочной клетке	0.6-0.8	0.324; 0.808; 1.255

Рис. 2. Пример индикации агрегатов на мнемосхеме: а – индикация агрегата без нарушений; б – индикация агрегата с нарушениями; с – список нарушений на агрегате

Заключение

Таким образом, в ходе произведенных исследований выполнено:

- 1) обоснование необходимости проектирования и разработки проекта «Система контроля технологии» для обеспечения доступности информации о качестве металлопродукции на каждом этапе передела при автоматизации сложных многостадийных производств;
- 2) для интеграционного слоя разработаны модели двух компонентов:
 - а) схема информационных потоков между системами с обратной связью для настройки взаимодействия между разработанным программным продуктом и существующей корпоративной системой;
 - б) макет мнемосхемы с индикацией агрегатов и быстрым доступом к нарушениям технологических параметров для улучшения человеко-машинного взаимодействия, позволяющего оперативно реагировать на нарушения выпускаемой продукции.

Литература

1. Аляутдинов М. Р. Планирование и оперативное управление производством в MES-системе // Лесной вестник. 2009. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/planirovanie-i-operativnoe-upravlenie-proizvodstvom-v-mes-sisteme> (дата обращения: 01.04.2019).
2. Асланова И. В. MES как основа разработки систем управления производственными процессами предприятия // Российское предпринимательство. 2017. Т. 18. № 11. С. 1651–1658. DOI 10.18334/гр.18.11.37838.
3. Загидуллин П. Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP. Старый Оскол: ТНТ, 2011. 372 с.
4. Иванов И. А. Создание MES-решения на базе программного обеспечения Wonderware // ИСУП. 2010. № 1 (25). С. 39–44.

5. Исаев Ю. Ю. Методы эффективной организации и ведения информационного и программного обеспечения АСУП с распределенной структурой: дис. ... канд. техн. наук. М.: [б. и.], 2009. 94 с.
6. Льюис Д. Oracle. Основы стоимостной оптимизации. Cost-Based Oracle Fundamentals. СПб.: Питер, 2007. 528 с.
7. Мазурин А. Эффективное управление производством на уровне цеха // САПР и графика. 2001. № 11. С. 73–78.
8. Максимов В., Прудников Д. Создание MES в России: проблемы и решения // ИСУП. 2010. № 1. С. 61–63.
9. Онищенко А. Г., Листунов Л. С. Управление качеством в MESHYDRA // Автоматизация в промышленности. 2010. № 8. URL: <https://www.indusoft.ru/media/articles/95/> (дата обращения: 19.04.2019).
10. Смолин П. А. Методы эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСПП с распределенной структурой: дис. ... канд. техн. наук. М.: [б. и.], 2011. 107 с.
11. Codd E. F. Normalized Data Base structure: a brief tutorial // Proc. ACM SIGFIDET. 1971. Workshop. San Diego, California, 1971. P. 1–18.
12. Logunova O. S., Matsko I. I., Posohov I. A., Luk'ynov S. I. Automatic system for intelligent support of continuous cast billet production control processes // The International journal of advanced manufacturing technology. 2014. Vol. 74. № 9–12. P. 1407–1418.
13. Logunova O. S., Matsko I. I., Posochov I. A. Integrated system structure of intelligent management support of multistage metallurgical processes // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2013. № 5. P. 50–55.
14. Matsko I. I., Logunova O. S. Feedback implementation in the control system of continuous cast billet production // Proceedings of the 2012 international conference on communication, electronics and automation engineering. 2012. P. 9–12.

References

1. Aliautdinov M. R. Planirovanie i operativnoe upravlenie proizvodstvom v MES-sisteme [Planning and operational management of production in the MES-system]. *Lesnoi vestnik* [Forest Herald], 2009. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/planirovanie-i-operativnoe-upravlenie-proizvodstvom-v-mes-sisteme> (accessed: 01.04.2019).
2. Aslanova I. V. MES kak osnova razrabotki sistem upravleniia proizvodstvennymi protsesami predpriatiia [Mes as the basis for the development of enterprise process control systems]. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo* [Russian business], 2017, vol. 18, no. 11, pp. 1651–1658. DOI: 10.18334/rp.18.11.37838.
3. Zagidullin R. R. *Upravlenie mashinostroitel'nykh proizvodstvom s pomoshch'yu sistem MES, APS, ERP* [Management of engineering production using MES, APS, ERP systems]. Staryi Oskol: TNT, 2011. 372 p.
4. Ivanov I. A. Sozdanie MES-resheniia na baze programmnoho obespecheniia Wonderware [Creating MES-solutions based on Wonderware software]. *ISUP* [ISUP], 2010, no. 1, pp. 39–44.
5. Isaev Iu. Iu. *Metody effektivnoi organizatsii i vedeniia informatsionnogo i programmnoho obespecheniia ASUP s raspredelennoi strukturoi* [Methods of effective organization and maintenance of information and software for automated control systems with distributed structure: PhD thesis in tech. sci.]. Moscow, 2009. 94 p.
6. L'iuiss D. Oracle. *Osnovy stoimostnoi optimizatsii* [Cost-Based Oracle Fundamentals]. St Petersburg: Piter, 2007. 528 p.

7. Mazurin A. Effektivnoe upravlenie proizvodstvom na urovne tsekha [Efficient production management at the workshop level]. *SAPR i grafika* [CAD and Graphics 2001], 2001, no. 3, pp. 73–78.
8. Maksimov V., Prudnikov D. Sozdanie MES v Rossii: problemy i resheniia [Creating MES in Russia: problems and solutions]. *ISUP* [ISUP], 2010, no. 1, pp. 61–63.
9. Onishchenko A. G., Listunov L.S. Upravlenie kachestvom v MES HYDRA [Quality Management at MES HYDRA]. *Avtomatizatsiia v promyshlennosti* [Automation in industry], 2010. Available at: <https://www.indusoft.ru/media/articles/95/html> (accessed: 01.04.2019).
10. Smolin P. A. *Metody effektivnoi organizatsii i vedeniia spetsializirovannogo informatsionnogo i programmnogo obespecheniia ASTPP s raspredelennoi strukturoi* [Methods of effective organization and maintenance of specialized information and software ASTPP with a distributed structure: PhD thesis in tech. sci.]. Moscow, 2011. 107 p.
11. Codd E. F. Normalized Data Base structure: a brief tutorial. *Proc. ACM SIGFIDET. 1971. Workshop*. San Diego, 1971, pp. 1–18.
12. Logunova O. S., Matsko I. I., Posohov I. A., Luk'ynov S. I. Automatic system for intelligent support of continuous cast billet production control processes. *The International journal of advanced manufacturing technology*, 2014, vol. 74, no. 9–12, pp. 1407–1418.
13. Logunova O. S., Matsko I. I., Posochov I. A. Integrated system structure of intelligent management support of multistage metallurgical processes. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2013, no. 5, pp. 50–55.
14. Matsko I. I., Logunova O. S. Feedback implementation in the control system of continuous cast billet production. *Proceedings of the 2012 international conference on communication, electronics and automation engineering*, 2012, pp. 9–12.

Для цитирования: Мяловский В. А., Логунова О. С. Концептуальные модели построения интеграционного слоя: модель информационных потоков и реализация обратной связи // Вестник Череповецкого государственного университета. 2019. № 3 (90). С. 17–23. DOI: 10.23859/1994-0637-2019-3-90-2

For citation: Myalovsky V. A., Logunova O. S. Conceptual models of integration layer construction: model of information flows and feedback realization. *Bulletin of the Cherepovets State University*, 2019, no. 3 (90), pp. 17–23. DOI: 10.23859/1994-0637-2019-3-90-2