

И.С. Паршина, аспирант
(Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
103155, Россия, г. Москва, Вадковский пер.3а)
E-mail: skylya95@rambler.ru

Рентабельность инвестиций (ROI) в проекты внедрения исполнительных производственных систем (MES) на российских предприятиях

В связи с необходимостью оценки эффективности внедрения MES-системы предлагается использовать коэффициент возврата инвестиций (ROI). По результатам исследования его оценку необходимо производить как на этапе предпроектного обследования, так и на этапе опытно-проектной эксплуатации. Несмотря на существование четкой формулы для расчета ROI чаще всего используются ее модификации, учитывающие специфику предприятия или внедряемой системы, также допускается разработка кастомизированного калькулятора или готового решения.

Ключевые слова: экономическая эффективность; MES; коэффициент ROI.

I.S. Parshina, Post graduate student
(Moscow State Technological University "STANKIN",
3a, Vadkovsky Alleyway, Moscow, Russia 103155)

Return on investment (ROI) in projects of introduction of manufacturing executive systems (MES) at Russian enterprises

In connection with the need of the estimate of the MES-system introduction effectiveness a coefficient of return on investment (ROI) is offered for use. On the basis of investigation results its estimate is to be carried out both at the stage of pre-design inspection, and at the stage of pilot-project operation. Notwithstanding a clear formula existence for the ROI estimate one uses mostly its modifications taking into account the specificity of an enterprise or a system introduced the development of a customized calculator or a ready solution.

Keywords: cost-effectiveness; MES (manufacturing executive system); coefficient of ROI.

Введение

При внедрении новой системы управления производством возникает вопрос, как оценить прибыльность проекта внедрения системы и более подробно в этом вопросе остановимся на примере исполнительных производственных систем (MES – Manufacturing Execution Systems) [1, 3].

Приложения исполнительных производственных систем (MES) были впервые представлены в полупроводниковой промышлен-

ности в 1980-е гг. Полупроводниковая промышленность достаточно капиталоемкая, а ее производственные процессы очень сложны.

С тех пор стоимость оборудования значительно снизилась, но инвестиции, которые необходимы для внедрения MES, все еще остаются весьма значительными. Поэтому для подтверждения необходимости проекта требуется предоставить серьезное экономическое обоснование.

В настоящее время перед производителями возникает вопрос уже не о самой необходимо-

сти внедрения MES – о времени его внедрения («времени окупаемости» инвестиционного проекта). Успешные компании не могут полагаться на подверженные ошибкам процессы и догадки, чтобы справиться со сложностью производства, строгими правилами и ожиданиями клиентов [4].

В России MES-системы, которые также называются системами оперативного управления производством или исполнительными производственными системами, не рассматриваются как что-то кардинально новое, однако, успешными внедрениями может похвастаться небольшое количество предприятий. Если посмотреть в корень проблемы, то очевидно, что большое количество систем управления предприятием иностранных и отечественных производителей, а также отсутствие методик по выбору системы для конкретного предприятия являются факторами риска, что приводит к увеличению срока внедрения системы.

Большинство систем крупных вендоров имеет универсальную конфигурацию, которая включает в себя общепринятые функции без учета специфических потребностей отраслей, что ведет к большим затратам на настройку системы под нужды конкретного предприятия.

Что касается систем, реализованных в единичном варианте с целью внедрения на определенном предприятии, можно сказать, что они конечно полностью поддерживают необходимый функционал, однако, разработчик может не обеспечить должного развития и поддержки системы. Также разработчик может в последствии отказаться от своей системы или не выдержать конкуренции на рынке, что повлечет за собой необходимость поиска/обучения квалифицированных кадров для работы в системе или полное перевнедрение системы, т.е. дополнительные непредвиденные расходы [5].

Недавнее исследование, проведенное *Gartner*, обнаружило, что «нечеткое понимание затрат, рентабельности инвестиций и обоснования бизнес-кейса [MES] является самым большим препятствием для достижения ценности [в проекте]». К сожалению, многие ключевые лица, принимающие решения, не имеют четкого понимания окупаемости инвестиций (ROI – Return of Investments) для MES, и компании не могут начать проект, несмотря на критическую необходимость и очевидные выгоды.

В данной статье рассмотрим преимущества,

затраты и риски при внедрении MES, коэффициент ROI и его применимость при внедрении MES.

Преимущества и затраты при внедрении MES

Говоря о преимуществах MES выделим четыре ключевых характеристики:

Качество. В эту категорию входят преимущества, связанные с улучшением производительности продукта, а также повышением удовлетворенности клиентов:

- Уровень производства увеличивается за счет анализа данных о процессах, оборудовании, оперативного управления процессом, внедрения бизнес-процессов, автоматизации и т.д.

Расчет выгоды: затраты на увеличение уровня производства продукта, умноженные на объем производства.

- Производительность станочной системы – анализ данных о процессах, оборудовании, оперативного управления процессом, максимизация коэффициента эффективности использования станков (OEE – Overall Equipment Effectiveness) [1] (рис. 1).

Расчет выгоды: затраты на увеличение производительности станочной системы, умноженные на объем производства.

- Возврат продукта клиентом уменьшается за счет оперативного управления производством, проведения испытаний и проверок.

Расчет выгоды: стоимость каждого продукта, возврата которого удалось избежать + оценка удовлетворенности и приверженности клиента данному производителю.

- Доставка в указанное время обеспечивается через планирование и диспетчеризацию, отслеживание статуса в режиме реального времени. Поставка используемых материалов и применяемых средств технологического оснащения происходит по заранее составленному и синхронизированному производственному расписанию (рис. 2) [2].

Расчет выгоды: стоимость каждого продукта, возврата которого удалось избежать + оценка удовлетворенности и приверженности клиента данному производителю.

Производительность. Данная характеристика показывает преимущества, которые могут быть получены через увеличение выхода с использованием того же количества ресурсов, либо уменьшение количества ресурсов при неизменном выходе продукта.

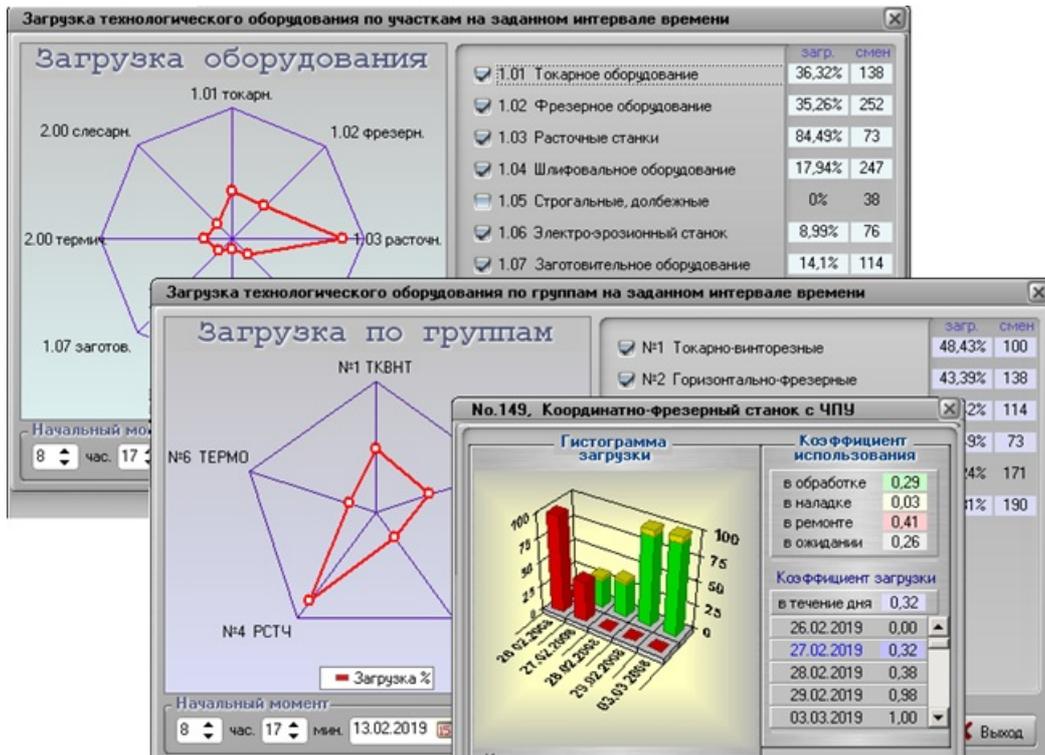


Рис. 1. Оптимизация коэффициента OEE средствами MES-систем

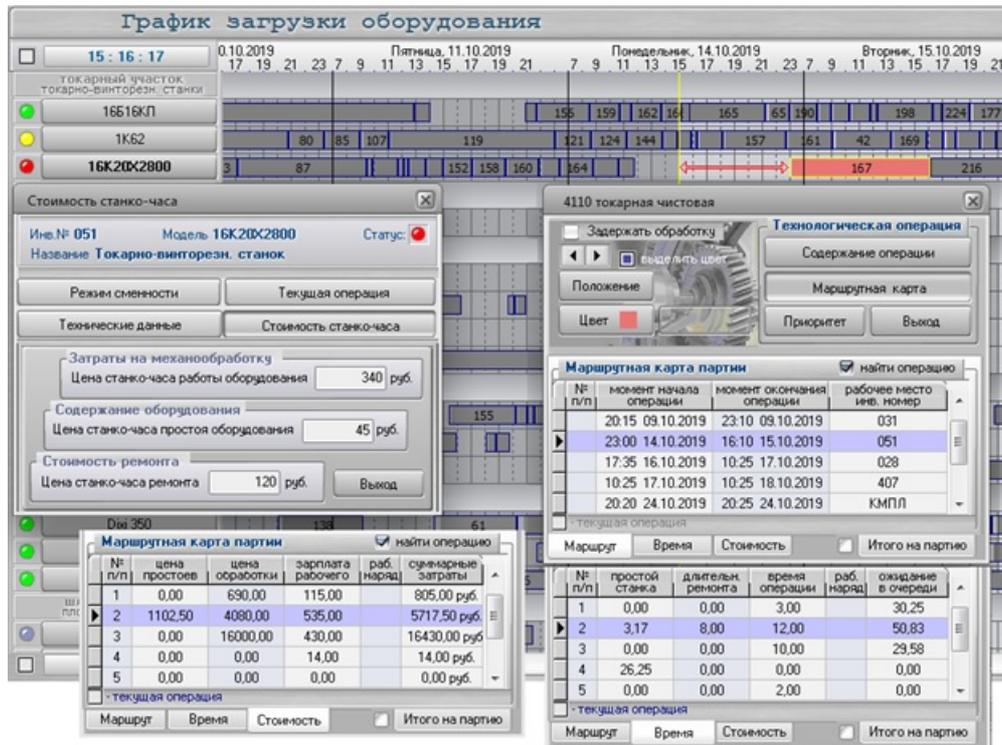


Рис. 2. Расписание обработки деталей со структурой цены станко-часа для технологического оборудования

• Объем производства можно увеличить путём повышения степени автоматизации, улучшения процессов планирования и диспетчеризации, отслеживания статуса операций и продуктов в режиме реального времени, проведение проективных действий, проведение

комплекса мероприятий с целью обеспечения промышленного инжиниринга (коэффициент OEE, анализ данных, бенчмаркинг).

Расчет выгоды: стоимость дополнительно объема производства.

- Уменьшение количества незавершенных производств (НЗП) можно уменьшить через повышение степени автоматизации, улучшение процессов планирования и диспетчеризации, отслеживание статуса операций и продуктов в реальном времени, проведение проективных действий, проведение комплекса мероприятий с целью обеспечения промышленного инжиниринга.

Расчет выгоды: полученные проценты на сэкономленный оборотный капитал + стоимость сэкономленного физического пространства и места хранения НЗП.

- Длительность производственного цикла можно уменьшить путём повышения сте-

пени автоматизации, улучшения процессов планирования и диспетчеризации, отслеживания статуса операций и продуктов в режиме реального времени, проведения проективных действий, проведения комплекса мероприятий с целью обеспечения промышленного инжиниринга.

Возможность проведения в MES многокритериальной оптимизации внутрицеховых материальных потоков позволяет значительно уменьшить производственный цикл изготовления. Пример, приведенный на рис. 3, – фрагмент производственного расписания, на котором показано, как можно средствами MES сократить цикл обработки деталей.

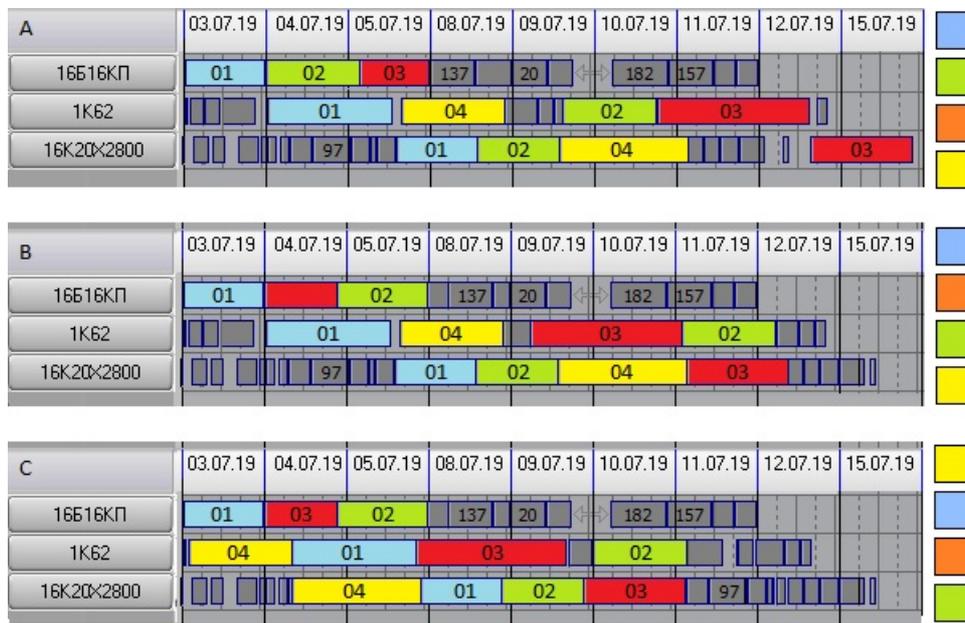


Рис. 3. Оптимизация цикла изготовления деталей средствами многокритериальной оптимизации (MES-системы «ФОБОС», Россия)

Расчет выгоды: стоимость более короткого времени изготовления заказа для клиента + значение более ранней реализации дохода.

- Стоимость снижается путем уменьшения непроизводительных простоев дорогостоящего технологического оборудования, ведения безбумажного производства, повышения степени автоматизации, анализа данных о стоимости производства.

За счет чего значительно снижается себестоимость изготавливаемых заказов (рис. 4) [2].

Расчет выгоды: экономия накладных расходов.

Соответствие нормативным требованиям. Названная характеристика обуславливает обязательное соблюдение национальных и/или отраслевых норм.

- Соответствие обеспечивается благодаря соблюдению бизнес-процессов и правил, и электронному отслеживанию степени соответствия.

Расчет выгоды: затраты на обеспечение соответствия без использования MES.

Гибкость. В эту категорию входят время и затраты, которые необходимы для внедрения новых или модификации уже существующих продуктов и процессов. Улучшить ситуацию в данном направлении помогут следующие меры: гибкая настройки основных данных, определение и внедрение бизнес-правил, создание системы обеспечения исполнения и выполнения бизнес-процессов, организации быстрого обучения персонала через интуитивно понятный интерфейс пользователя.

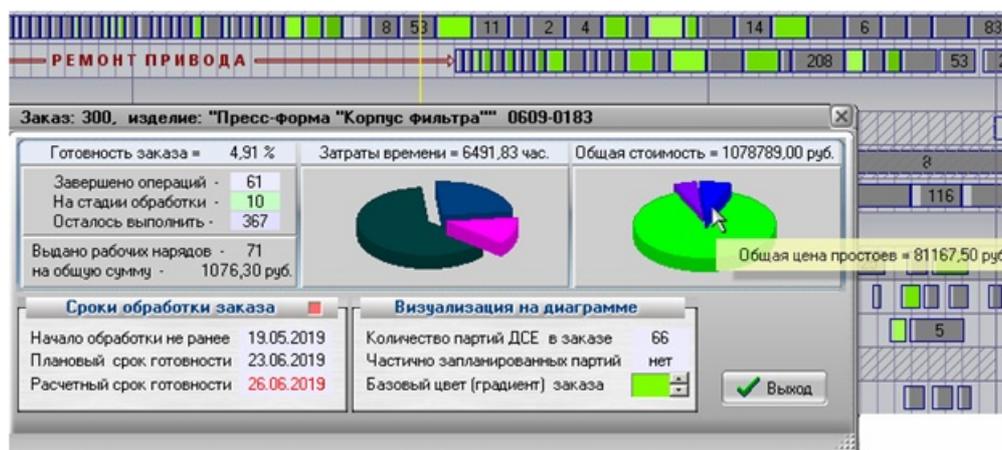


Рис. 4. Калькуляция себестоимости обработки заказа (MES-системы «ФОБОС», Россия)

Расчет выгоды: стоимость внедрения новых или модифицированных продуктов и процессов без использования MES + стоимость дополнительного сэкономленного времени (с точки зрения времени выхода на рынок).

Благодаря улучшению показателей эффективности каждой из ключевых характеристик можно получить выгоду, которая будет оценена определенным образом.

Затраты на внедрение MES включают следующие статьи:

- амортизация оборудования – периодическая стоимость (непонесенная, если оборудование не обновляется в конце периода амортизации);
- лицензии на программное обеспечение – стоимость либо понесена один раз, либо доступна ежемесячная/годовая модель оплаты за использование;
- обслуживание программного обеспечения – периодическая стоимость после реализации проекта. Позволяет получать доступ к обновлениям и технической поддержке;
- внедрение услуг – основные затраты приходятся на самовнедрение, но также не исключены дополнительные траты, появляющиеся в связи с новыми требованиями и необходимостью дополнительного функционала;
- время работы внутренних сотрудников – затраты учитываются один раз при реализации проекта, при этом необходимо обеспечить доступность ключевых пользователей для поддержки проекта;
- эксплуатационные расходы учитываются периодически, так как они возникают в связи с эксплуатацией и поддержкой системы [6].

Учитывая все преимущества от реализации MES и предстоящие затраты первостепенной необходимостью становится прогнозирование

рентабельности проекта, т.е. окупятся ли инвестиции в данный проект (коэффициент ROI).

Коэффициент ROI для MES

Коэффициент окупаемости (ROI – Return on Investment) – это коэффициент, который показывает прибыльность или убыточность той или иной инвестиции [5].

Производители используют ROI как коэффициент для проведения оценки приобретенного капитала, проектов и инициатив, а также проектов по внедрению систем, таких как MES. Нет общепринятого способа расчета ROI, и чаще всего он используется теми, кто не понимает сильные и слабые стороны данной метрики.

Большинство вычисляет ROI как прибыль (отдачу) от действия (проект реализации MES), деленную на стоимость. Такой способ расчета обеспечивает жесткий возврат инвестиций в течение определенного периода времени. Окупаемость инвестиций не учитывает мягкую отдачу – основное преимущество MES. Метрика предлагает отображение мгновенной отдачи от инвестиций, а не общую выгоду в течение времени. Окупаемость инвестиций можно использовать для оценки ценности реализации MES, но она требует тактики, специфичной для производства.

Ниже предлагается последовательность действий для правильного определения ROI:

- 1) **Провести политику жесткой экономики.** Изначально в большинстве случаев MES стараются применить в качестве решения конкретной проблемы, такой как большое количество брака или ухудшение качества и т.д. Чаще всего стоимость потерь, связанная с этими проблемами, заранее известна, и MES в

идеале должна обеспечивать при устранении проблемы возврат, равный стоимости потерь.

2) **Сфокусироваться на целях проекта.** Многие проекты MES терпят неудачу, когда они «тонут» в большом количестве требуемого функционала. По мере добавления дополнительных требований к функционалу помимо основного, который был изначально заложен в целях проекта, стоимость будет увеличиваться. Следовательно, в первую очередь необходимо сосредоточиться на основных целях проекта и исключить дополнительную функциональность, которая не будет обеспечивать адекватной отдачи, но увеличивать стоимость проекта. Она может быть введена на более поздних стадиях либо как дополнительная разработка в рамках проекта доработки системы.

3) **Оценить выгоды при использовании системы.** Необходимо понять, какие задачи, которые ранее исполнялись вручную, может автоматизировать программное обеспечение. Многие производители видят значительные преимущества в точной отчетности и устранении задач, не связанных с добавленной стоимостью.

4) **Учесть выгоду, получаемую в течение времени.** Выгоды и приобретения от MES накапливаются в течение времени, и коэффициент окупаемости должен отражать эти сбережения. Например, если на одном заводе доходность за один год составляет 1 миллион долларов, то коэффициент ROI за 10 лет должен составить 10 миллионов долларов. Во многих случаях доходность увеличивается еще больше с течением времени при выявлении дополнительных преимуществ и возможностей.

В общем случае можно добавить, что при расчете ROI для MES также важно учитывать уточненные показатели, например, необходимо не просто признать, что программное обеспечение поможет автоматизировать бумажный документооборот, рассчитать определенное количество страниц, используемых в цехе. Также по мере появления других проблем, которые могут быть обнаружены в процессе эксплуатации системы, и могут быть ею устранены, необходимо учитывать их вклад в окупаемость системы.

Методика расчета ROI

Расчет ROI очень прост: отношение общего эффекта от автоматизации к объему вложенных в нее инвестиций. Проблема возникает на

этапе выбора тех значений показателей, которые будут использованы при расчете.

Оценку ROI необходимо производить несколько раз в течение всего проекта внедрения:

- первый расчет – предпроектное обследование – приведение обоснования внедрения системы на основе опыта предыдущих проектов и экспертного заключения специалистов заказчика и привлеченных интеграторов;

- второй расчет – результат предпроектного обследования – описание бизнес-процессов компании, оценка возможности оптимизации и автоматизации;

- третий расчет – опытно-проектная эксплуатация – использование данных об изменениях либо экспертные оценки, где точный численный расчет невозможен.

Что касается конкретной формулы для расчета ROI, то в реальности нет единого мнения, каждый производитель/заказчик/вендор использует свою модификацию общего принципа, описанного в начале этой статьи. Приведем пример методики ROI:

$$ROI = \frac{\text{Эф}}{И} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Эф}_i}{\text{ТСО}}, \quad (1)$$

где Эф – суммарный эффект от внедрения информационных технологий (например, эффект от повышения качества изделия и т.д.); И – инвестиции в ИТ; ТСО – показатель совокупной стоимости владения MES-системой.

Существует множество онлайн-калькуляторов, например, «*AEGIS Software*» предлагает онлайн форму расчета, содержащую следующие аналитики:

- текущий доход;
- стоимость сырья (как процент от дохода);
- прямые затраты на оплату труда (как процент от дохода);
- затраты на оборудование, включая амортизацию (как процент от дохода).

Введя данные значения, получим графическое отображение в виде столбчатой диаграммы общей экономической выгоды и общей выручки.

Рассмотрим пример: представим текущий доход – \$2000000, стоимость сырья – 25 %, прямые затраты на оплату труда – 20 %, затраты на оборудование – 10 %. Получаем, что общая экономическая выгода равна \$52.000, а общая выручка равна \$100000 (рис. 5). Данный калькулятор можно также кастомизировать под нужды вычисления ROI для внедрения MES-системы.

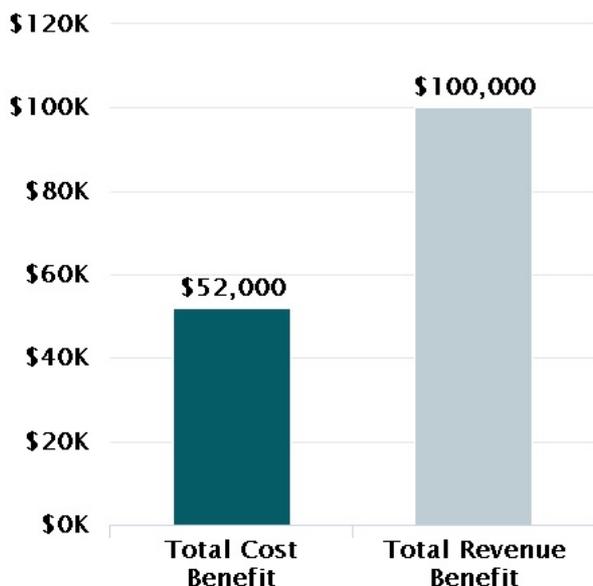


Рис. 5. Графический пример расчета времени возврата инвестиций – ROI

Заключение

В данной статье было рассмотрено возможное использование времени возврата инвестиций – коэффициента ROI – для оценки проекта внедрения MES-системы, как на начальных его этапах, так и при эксплуатации системы. Это позволяет сделать вывод, что оценить результаты внедрения системы можно как на этапе предпроектного обследования, так и на этапе опытно-проектной эксплуатации. При этом наиболее важную часть расчета составляет определение показателей, которые будут использоваться в расчете. Что касается реализации расчетов, то основная методика может быть модифицирована под нужды конкретного предприятия или внедряемой системы, а также современные технические возможности позволяют воспользоваться уже готовыми автоматическими решениями – калькуляторами, требующими только ввода необходимых значений.

Так как MES является основой для создания «цифровых двойников», то данные результаты могут быть положены в основу создания «цифрового двойника» производственной системы [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фролов, Е.Б. MES-системы: оперативный функционально-стоимостной анализ для нужд производственного предприятия / Е.Б. Фролов // Генеральный директор. – 2008. – № 9. – С. 76–79.

2. Паршина, И.С. Производственный менеджмент в условиях Индустрии 4.0: функционально-стоимостной подход / Паршина И.С., Фролов Е.Б. // Главный инженер. – 2019. – № 11. – С. 50–57.

3. Three Ways Manufacturers Can Maximize ROI on an ERP/MES Investment [Электронный ресурс] // Industry Week. 2018. Режим доступа: <https://www.industryweek.com/cloud-computing/three-ways-manufacturers-can-maximize-roi-erpmes-investment>. Дата обращения: 04.12.2019.

4. MESA Metrics Guidebook: ROI and Justification for MES [Электронный ресурс] // MESA International. 2014. Режим доступа: <https://services.mesa.org/ResourceLibrary/ShowResource/e2c80c23-9421-46c9-9193-a18763155f27>. Дата обращения: 04.12.2019.

5. MES в России: проблемы и решения [Электронный ресурс] // Журнал «ИСУП». 2010. Режим доступа: <https://isup.ru/articles/1/428/>. Дата обращения: 04.12.2019.

6. Can you afford not to invest in an MES? [Электронный ресурс] // Critical manufacturing. 2018. Режим доступа: <https://www.criticalmanufacturing.com/en/critical-manufacturing-mes/mes-investment-roi>. Дата обращения: 04.12.2019.

7. Фролов, Е.Б., Паршина, И.С., Зайцев, А.С., Климов, А.С. Индустрия 4.0: "цифровой двойник" как средство повышения эффективности производственной системы // Научные технологии в машиностроении. – 2019. – № 2 (92). – С. 42–48.

REFERENCES

1. Frolov E.B. MES-systems: on-line functional-value analysis for needs of industrial enterprise / E.B. Frolov // *Director-General*. – 2008. – No.9. – pp. 76-79.

2. Parshina I.S. Production management under conditions of Industry 4.0: functional-value approach / I.S. Parshina, E.B. Frolov // *Chief Engineer*. – 2019. – No.11. – pp. 50-57.

3. Three Ways Manufacturers Can Maximize ROI on an ERP/MES Investment [Electronic resource] // Industry Week. 2018. Access mode: <https://www.industryweek.com/cloud-computing/three-ways-manufacturers-can-maximize-roi-erpmes-investment>. Address date: 04.12.2019.

4. MESA Metrics Guidebook: ROI and Justification for MES [Electronic resource] // MESA International. 2014. Access mode: <https://services.mesa.org/ResourceLibrary/ShowResource/e2c80c23-9421-46c9-9193-a18763155f27>. Address date: 04.12.2019.

5. MES in Russia: problems and solutions [Electronic resource] // "ISUP" Journal. 2010. Access mode: <https://isup.ru/articles/1/428/>. Address date: 04.12.2019.

6. Can you afford not to invest in an MES? [Electronic resource] // Critical manufacturing. 2018. Access mode: <https://www.criticalmanufacturing.com/en/critical-manufacturing-mes/mes-investment-roi>. Address date: 04.12.2019.

7. Frolov, E.B., Parshina, I.S., Zaitsev, A.S., Klimov, A.S. Industry 4.0: "Digital Double" as a means to increase manufacturing system capacity // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2019. – №2(92). – pp. 42-48.

Рецензент д.т.н. Е.А. Саксонов