



Ключевые слова:
эффективность,
общий коэффициент полезного
действия оборудования, эффективное время, производственный цикл

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

ЧАСТЬ 2. ОБЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ*

Александр КУЗНЕЦОВ, Анна КАЛЯШИНА

Приведен анализ существующих методик оценки эффективности металлорежущих станков. Детально проанализированы системные различия оценки эффективности оборудования по показателям *OEE* (Overall equipment effectiveness) и *E* (Equipment effectiveness).

В современных условиях более эффективное использование ресурсов имеет чрезвычайно высокую актуальность для любого предприятия. На промышленных предприятиях существует недостаток систематических процедур для оперативного отслеживания использования ресурсов в производственных системах – это, прежде всего, материалы, энергия, оборудование и люди.

В литературных источниках приводится множество исследований, направленных на оценку эффективности использования отдельных видов ресурсов, а также сделаны попытки разработки комплексной методики повышения эффективности расхода ресурсов в условиях функционирования производственной системы.

В [1, 8, 9] предложено понятие эффективности, как отношения объемов (энергий, мощностей, информации, времени и т.д.) на выходе процесса E_{out} и на входе E_{inp} . Это отношение, в общем случае, и является оценкой эффективности :

$$E_e = \frac{E_{out}}{E_{inp}} \text{ или } E_e = E_{out}^f / (E_{out}^f + E_{out}^{ch}), \quad (1)$$

* См. первую часть статьи: СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2017. № 1. С. 32–43.

где E_{out}^f – физические процессы применения, E_{out}^{ch} – обеспечивающие процессы применения и потери.

Выражение эффективности в данном виде (1) является универсальным методом оценки, поэтому применимо также к анализу многофункциональных станков (технологических машин и систем), осуществляющих одновременное преобразование нескольких видов энергии.

Применяемые в настоящее время методы оценки общей эффективности процессов, оборудования и систем определяются выражением (1), а интегральный показатель эффективности будет равен произведению эффективностей степени использования материи E_e^m , энергии E_e^e и информации E_e^{in} :

$$E_e^i = E_e^m \cdot E_e^e \cdot E_e^{in}, \quad (2)$$

где E_e^m – производительность, E_e^e – энергоэффективность, E_e^{in} – точность.

В [1] приведена оценка энергоэффективности оборудования как частный случай выражения (2) по показателю E_e^e , составляющие элементы которого приведены в [9]. Данный подход позволяет рассматривать понятие эффективность как относительный КПД. По аналогии с энергоэффективив-

ностью, определим показатель эффективности оборудования (степень полезного использования времени в процессе работы оборудования), при этом производительность оборудования будет обратна времени использования. Тогда для технологического процесса производства N деталей при формировании всех его m свойств, каждое из которых требует выполнения i операций, запишем:

$$E_e^m = \frac{t_{fp} + t_{hp}}{t_{fr} + t_{hr}} = \frac{t_{fp}}{t_{fr}} \cdot \frac{t_{fp} + t_{hp}}{t_{fr}} \cdot \frac{t_{fr}}{t_{fr} + t_{hr}} = U_{pr}^f \cdot U_{pr}^{fh} \cdot U_r^{fh}$$

$$\text{или } E_e^m = \frac{t_{fp} + t_{hp}}{t_{fr} + t_{hr}} = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} \sum_{k=1}^{k=i} (t_{fp} + t_{hp})_{jk}}{\sum_{j=1}^{j=m} \sum_{k=1}^{k=i} (t_{fr} + t_{hr})_{jk}}, \quad (3)$$

где t_{fp} – время (достижимое) выполнения физического процесса обработки, t_{hp} – время (достижимое) выполнения обеспечивающих процессов для выполнения физического процесса обработки, t_{fr} – фактическое (реальное) время выполнения физического процесса обработки, t_{hr} – время выполнения обеспечивающих процессов для выполнения физического процесса обработки, U_{pr}^f – степень использования оборудованием потенциала обработки, U_{pr}^{fh} – степень использования ресурса оборудования, U_r^{fh} – степень фактического (реального) использования оборудования.

В идеале, каждый станок должен постоянно находиться в работоспособном состоянии. Эффективно используемое оборудование всегда работает на оптимальной скорости и в процессе эксплуатации не создает ситуаций, при которых возможно появление дефектов продукции. Тем не менее на практике функционирование оборудования не всегда является безупречным. Станки не всегда находятся в работоспособном состоянии. Достижение максимальных скоростей выполнения физического процесса при обработке изделий является существенной проблемой, а возникающие энергоинформационные воздействия прямым или косвенным образом способствуют появлению дефектов.

Многие ученые сознают важность контроля времени выполнения производственных процессов с тем, чтобы в последующем предлагать шаги для повышения эффективности производства в

целом. На сегодняшний день существует множество различных определений показателей эффективности и производительности работы оборудования, но для реальных условий производства важна четкость этих понятий и однозначность методик повышения эффективности, так как только в этом случае можно добиться реального результата. То есть дальнейшее развитие показателей эффективности требует создания единой терминологической базы.

Эти показатели позволяют оценить эффективность работы оборудования, но не позволяют «выявлять проблемы и возможности скрытых улучшений, необходимых для повышения производительности» [3].

В работе [2] предложены следующие показатели эффективности оборудования и систем:

- коэффициент использования рабочей машины (оборудования), как отношение суммарного времени бесперебойной работы оборудования к общему времени работы;
- коэффициент технического использования оборудования, как отношение суммарного времени бесперебойной работы оборудования к сумме времен бесперебойной работы и времени собственных потерь (простоев);
- коэффициент загрузки оборудования, как отношение суммы времен бесперебойной работы и времени собственных потерь (простоев) к общему времени работы;
- общий коэффициент использования оборудования, как сумма произведения Коэффициента использования и Коэффициента загрузки за время календарного срока службы оборудования.

В работе [2] предложено рассматривать один вид цикловых потерь, при которых не происходит обработка детали, и пять видов внецикловых потерь. Причем последние относят к двум категориям потерь времени работы оборудования: собственным, вызванным техническими причинами, и организационно-техническим, вызванным внешними причинами. Данная методика оценки эффективности является частным случаем выражения (3), когда в его числителе $t_{hp}=0$, $t_{fp}=t_{fr}$, а значение U_{pr}^f равно единице.

На основании концепции общей эффективности оборудования, предложенной в [13], разработан стандарт [16] для определения и измерения эффективности работы оборудования. Этот стандарт предлагает использовать базовый показатель – *общий коэффициент полезного действия оборудования – ОЕЕ*. Этот показатель выражается в единицах времени. Показатель ОЕЕ является простым и интуитивно понятным и широко распространен на многих производственных предприятиях. ОЕЕ позволяет количественно оценить все временные потери, которые влияют на эффективную работу оборудования, и является отправной точкой для других методов анализа.

В работе [6] отмечено, что показатель ОЕЕ становится все более и более популярным и широко используется в качестве количественной меры эффективности. Также утверждается, что традиционные показатели измерения производительности и пропускной способности оборудования недостаточны для эффективного и своевременного выявления возникающих проблем.

В работе [10] приведены результаты исследования, иллюстрирующего использование *OEE* в промышленности. Отмечено, что эффективность зависит от фактической и оптимальной скорости работы оборудования. Оптимальную скорость достаточно сложно определить, так как она отличается при каждом рабочем ходе инструмента. Авторы отмечают, что важно использовать одну и ту же скорость для конкретного рабочего хода в каждом отдельном измерении, в противном случае невозможно сравнить измерения. Также авторы исследования обращают внимание на такой показатель, как «незначительные перерывы». Полученные фактические данные показывают, что эти простои составляют 20–49% общего времени простоев оборудования. Отмечается также, что довольно сложно оценить продолжительность времени простоев и не существует четких границ между «короткими остановками» и «незначительными перерывами».

В работе [12] утверждается, что существуют положительные потери времени, то есть операцию проводят при более коротком времени цикла (или с более высокой скоростью), чем заданные номинальные показатели. Такая ситуация зачастую связана с изначально заниженной номинальной скоростью. Таким образом, некоторые незначительные перерывы скрыты в более коротком времени цикла.

В работе [11] предлагается оценивать эффективность, как отношение теоретического времени выполнения заявленных работ и отчетного производственного времени. Также отмечается, что скорость оборудования может отличаться в одной и той же рабочей операции, например из-за различной квалификации оператора. При этом, подготовительное время или время коротких остановов оборудования не позиционируется как время простоя, а рассматривается как производственное время. Также утверждается, что даже при отсутствии отличий в скорости работы оборудования, оценка всех затрат времени на простои зависит от организации производства в целом.

Авторы [4] предлагают ввести альтернативные показатели для *OEE*. Утверждается, что *OEE* не является точной мерой эффективности оборудования в случае, когда учитывается время настройки, переналадки и регулировки оборудования. Предлагается использовать такой показатель, как *общая производительность оборудования*, которая связана с *OEE* временем загрузки.

В работе [5] показатели *OEE* используются не только в качестве оперативной меры оценки эффективности, но и как индикатор процесса улучшения работы предприятия. При этом отмечается, что *OEE* расширяет перспективы улучшения про-

цесса производства, но применение этого показателя должно быть сбалансировано другими, более традиционными показателями. Авторы также утверждают, что применение *OEE* более оправдано в производственных процессах с большими объемами выпуска продукции, когда эффективность использования оборудования является крайне важной, а остановы являются дорогостоящими.

В работе [11] отмечено, что знания только показателя *OEE* недостаточно для определения направления деятельности по улучшению производственного процесса. Необходимо оценивать многочисленные компоненты *OEE* по отдельности, только в этом случае можно определить приоритеты возможных улучшений. При более детальном рассмотрении показателя *OEE* выясняется, что некоторые его компоненты являются взаимозависимыми, например, операционная эффективность и эффективность скорости. Это означает, что при повышении эффективности скорости снижается операционная эффективность и наоборот.

Анализ показывает, что основная доля исследований направлена на определение компонентов *OEE*. Можно сделать вывод о том, что необходимо проводить дальнейшие исследования, уточняющие методы и области применения *OEE*, углублять анализ его компонентов. В классическом определении *OEE* существуют явные проблемы с определением временной базы, для решения которых разработаны новые методики оценки показателя эффективности *E*. Основное отличие между *OEE* и *E* заключается в выборе базового времени. При расчете эффективности работы оборудования по *OEE* учитываются производственные потери, не связанные напрямую с самим оборудованием: например, отсутствие условий, позволяющих начать технологический процесс. Это обстоятельство связано не с самим оборудованием, а с производственной средой. В то же время методика оценки *E* учитывает эффективность оборудования, связанную только с потерями при непосредственной работе оборудования. Таким образом, показатель *E* отражает внутренние потери, в то время как процесс эксплуатации оборудования зависит и от внешних потерь, связанных с производственной средой.

Показатель *OEE* рассматривается как интегральный показатель [15], который связывает готовность оборудования, производительность и качество:

$$OEE = \frac{B}{A} \cdot \frac{D}{C} \cdot \frac{F}{E} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где *A*, *B*, *C*, *D*, *E* и *F* – составляющие компоненты времени, графически описанные на рис. 1. Определения этих составляющих и их отношений приведены в табл. 1.

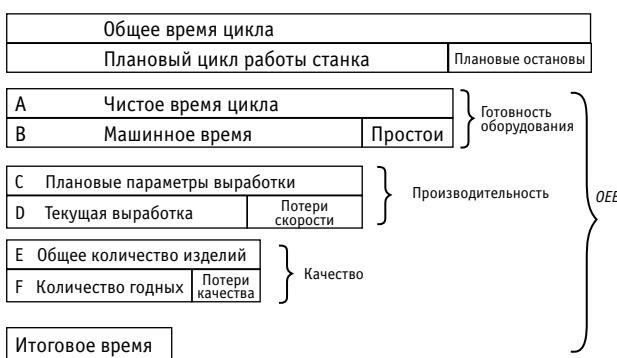


Рис. 1. Составляющие параметров *OEE* общей эффективности оборудования определения и характеристика его параметров, составляющих *OEE*

При определении показатели *OEE* принято выделять в три категории потерь (табл. 2), которые снижают эффективность работы оборудования.

Таким образом:

- 100%-ная готовность оборудования – нет потерь времени на простои – станок работает без остановки;
- 100%-ная производительность – нет потерь скорости – станок работает с максимальной скоростью согласно запланированному циклу;
- 100%-ное качество – нет потерь качества – станок не производит бракованных изделий.

При нарушении параметров эффективности эти три показателя помогают отслеживать и анализировать данные *OEE* для максимального снижения (в идеале – устранения) событий, связанных с потерями (рис. 1).

Необходимо отметить, что на показатель *OEE* оказывают влияние не только факторы, связанные с оборудованием, но и квалификация оператора, наличие и качество исходных материалов, процесс планирования производства и т.д. Таким образом, необходимо учитывать различия между отдельно взятым (изолированным) оборудованием и тем, которое интегрировано в производственную систему.

В общем случае *OEE* рассчитывается с учетом внешних факторов производства. Для определения эффективности самого оборудования (без учета внешних факторов) предлагается рассматривать его

Таблица 2. Категории потерь при определении *OEE*

Категории потерь	Показатели <i>OEE</i>	Примеры потерь
Простои	Готовность оборудования	1. проблемы с оборудованием; 2. поломка (замена) инструмента; 3. внеплановое техобслуживание; 4. процесс разогрева при запуске оборудования; 5. переналадка станка; 6. нехватка материалов
Потери скорости	Производительность	1. застревание детали; 2. зажимы; 3. остановка потока заготовок; 4. степень обученности оператора; 5. возраст оборудования; 6. износ инструмента
Потери качества	Качество	1. настройки; 2. тепловые процессы; 3. поломки, повреждения; 4. неправильная сборка; 5. брак; 6. доработка

в качестве системы, состоящей из собственно оборудования и системного окружения. Система выполняет производственную функцию. Для того чтобы оборудование выполняло функцию изготовления годных деталей, должны быть выполнены дополнительные условия, не связанные непосредственно с оборудованием: наличие квалифицированных операторов, качественных заготовок и т.д.

Таким образом, главное отличие между показателями *OEE* и *E* [14] в разном подходе к оценке состояния оборудования – встроенного в производственную систему или автономного. Оценки *OEE* измеряют эффективность оборудования, включая взаимодействие с производственной системой в начале и в конце производственного цикла. Это означает, что *OEE* отслеживает не состояние оборудования как такового, а эффекты от воздействия других компонентов системы.

Таблица 1. Составляющие *OEE* и их определения

$\text{Готовность оборудования} = \frac{B}{A}$	A – чистое время цикла (общее время цикла без запланированных остановок), ч B – машинное время (общее время цикла без непредвиденных остановок и простоев, то есть период, в течение которого оборудование фактически работает), ч
$\text{Производительность} = \frac{D}{C}$	C – запланированная выработка, шт./ч D – текущая выработка (без учета потерь скорости обработки), шт./ч
$\text{Качество} = \frac{F}{E}$	F – количество качественных изделий, шт. E – общее количество выпущенных изделий, шт.

Е отслеживает эффективность автономного оборудования и позволяет контролировать именно его состояние.

Исходя из этого утверждения разделим производственные потери на два класса:

- связанные с оборудованием (например, отсутствие оператора);
- независимые от оборудования (например, отсутствие исходных материалов).

На рис. 2 представлены различные состояния оборудования, которое определим следующим образом:

1. нерабочее состояние – оборудование не выполняет свои функции (это состояние включает в себя нерабочие смены, выходные и праздничные дни, периоды завершения работы и ввода в эксплуатацию и инженерную деятельность: инжиниринг оборудования, разработку программного обеспечения и т.д.);
2. отсутствие необходимых входных условий – оборудование может выполнять свои функции, но не работает, так как не обеспечены входные условия для начала работы;
3. отсутствие необходимых выходных условий – оборудование в состоянии выполнять свои функции, но не в состоянии выпускать детали, так как не обеспечены выходные условия;
4. внеплановые остановы – оборудование не в состоянии выполнять свои функции из-за незапланированных простоев (включает в себя ремонт и проверку работоспособности, отсутствие свободных операторов);
5. плановые остановы – оборудование не может выполнять свои функции из-за запланированных простоев (профилактика оборудования, изменение расходных материалов и т.д.);
6. состояние «выпуск продукции» – оборудование выполняет свои функции и осуществляет регулярное производство продукции.

Чтобы получить характеристики автономного оборудования, проведем разделение потерь [14]. На рис. 2 показано сокращение общего времени по сравнению с эффективным временем T_e . Общее время T_o включает состояния, зависимые и независимые от оборудования, а эффективное время включает только состояния, зависящие от оборудования. Эффективное время является базовым для определения эффективности.

Соотношение числа годных изделий и эффективного времени работы T_e – это фактическая пропускная способность производства годных изделий:

$$\delta_Q = \frac{N_Q}{T_e}. \quad (5)$$

Время, в течение которого оборудование действительно выполняет свои функции – производственное время T_o – представляет собой часть

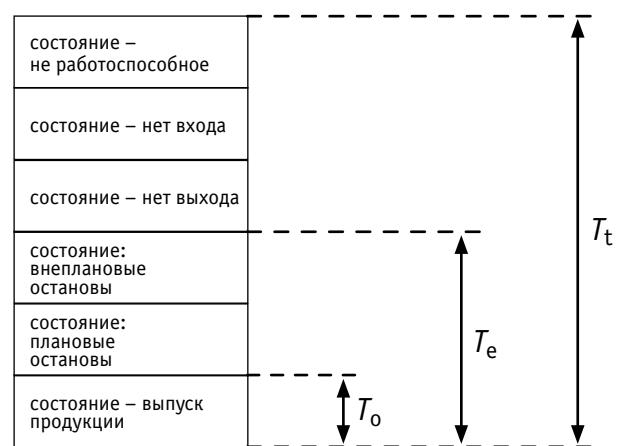


Рис. 2. Связь состояния оборудования с временными показателями производственного процесса
[14]: T_t – общее время, T_e – эффективное время, T_o – производственное время

эффективного времени T_e . Это доля времени A , которая приходится на тот период, когда оборудование не работает по причине ремонта:

$$\frac{T_o}{T_e} = A. \quad (6)$$

Идеальный переход не имеет потерь времени, таких как неэффективные простои, потери скорости и потери качества. Результаты этого перехода в максимальном числе изделий N_{max} , обработанных за основное время T_o . Эти результаты отражены в максимальной пропускной способности δ_o :

$$\frac{N_{max}}{T_o} = \delta_o. \quad (7)$$

Нормирование скорости оборудования проводится в соответствии с максимальной пропускной способностью. Если оборудование производит изделия в соответствии с нормированной, но с более низкой скоростью, состояние оборудования – рабочее. При более низкой скорости на выходе должно быть N деталей за время T_o . Отношение количества деталей, производимых при нормированной и максимальной скорости работы оборудования, называется фактором скорости R :

$$\frac{N}{N_{max}} = R. \quad (8)$$

Выходные параметры процесса могут дополнительно снижаться за счет потерь качества, то есть производства изделий, не соответствующих техническим требованиям. Доля общего числа произведенных качественных изделий известна как выработка (выход) Y . Это определение дано в работе [3]. В работе [11] отмечается, что доля выработки пока-

зывает процент брака в технологическом процессе, этот показатель называется эффективность качества [14] и выражается:

$$\frac{N_Q}{N} = Y. \quad (9)$$

Отношение между реальной пропускной способностью δ_Q и максимальной δ_o может быть получено с учетом предыдущих выражений:

$$\delta_Q = \frac{N_Q}{T_e} = \frac{N_Q}{N} \cdot \frac{N}{N_{max}} \cdot \frac{N_{max}}{T_o} \cdot \frac{T_o}{T_e} = Y \cdot R \cdot \delta_o \cdot A. \quad (10)$$

Эффективность – есть доля максимальной производительности оборудования при выполнении запланированных функций, то есть производстве качественных изделий. Тогда, эффективность оборудования E можно определить следующим образом:

$$E = \frac{\delta_Q}{\delta_o} = Y \cdot R \cdot A. \quad (11)$$

Если измерения недоступны, то эффективность оборудования E можно оценить с помощью запланированного значения:

$$\delta_Q = \frac{N_Q}{T_e}$$

Отличие OEE и E также может быть рассмотрено и проиллюстрировано разными подходами к выбору базового времени. Работа [13] определяет время загруженности оборудования как базовое, оно получается путем вычитания плановых простоев из общего доступного времени в день или в месяц. Однако, обзор работ показывает, что в качестве времени загруженности оборудования лучше использовать весь объем времени. В работе [15] общий объем времени определяется как базовое время (24 ч в сутки, 7 дней в неделю) в течение всего периода измерений.

Таким образом, базовое время – это период времени, когда оборудование способно выполнять свои функции без каких-либо ограничений извне. Это означает, что должны учитываться только те простои, которые связаны с самим оборудованием. Оборудование «не несет ответственности» за внешние обстоятельства. Если, например, заготовки не доставляются вовремя из-за проблем планирования, то это никак не связано с оборудованием. Таким образом, при использовании показателя E , базовое время не должно включать в себя простои не связанные с оборудованием. Тогда базовое время будет эквивалентно эффективному.

С другой стороны, E не зависит от процесса эксплуатации, как OEE , но учитывает непосредственно производственное время и эффективное время. Эксплуатация определяет долю времени, в течение которого окружающая система позволяет оборудованию выполнять свои функции. Использование эффективного времени в качестве базового означает, что этот показатель включает все потери време-

ми из-за простоев, настройки или переделок. В работе [16] эффективное время определяется как все время цикла, за исключением той доли, которая включает простои оборудования, простои в ожидании оператора и ряде других случаев.

Таким образом, если показатели эффективности различных типов оборудования сравниваются с использованием показателей OEE , они могут иметь одинаковые значения, хотя значения их эффективности по методике оценки E будут различаться. С другой стороны, два станка, имеющие одинаковую эффективность E , могут иметь различные значения показателя OEE . Показатель E является более показательным для сравнения различных типов оборудования.

В классическом понимании производительность оборудования – это сравнение текущей выработки с номинальной за определенный период времени.

Кроме производительности, OEE включает в себя еще два элемента (рис. 1): готовность оборудования (сравнение времени, в течение которого изготавливается продукт, и номинального времени выпуска изделия) и качество (сравнение общего количества изделий, изготовленных за период времени, и количества изделий, отвечающих требованиям потребителей). Для получения показателя OEE необходимо перемножить показатели производительности, готовности и качества.

Отметим, что определение OEE происходит на основе ежедневного фиксирования показателей, отражающих состояние оборудования, что способствует открытому подходу к обмену информацией и предотвращает случаи, когда плохое функционирование станков ставится в вину конкретному рабочему. OEE определяется как отношение между теоретическим и общим временем, это означает, что время производства не измеряется, а вычисляется. В результате индекс OEE выше, чем мера эффективности E .

Известные по опубликованным работам методы оценки эффективности во многом совпадают с выводами работы [2], в которой третья составляющая качества учитывается не в явном виде, а в виде потерь времени, в течение которого происходило производство некачественной продукции. Показатели OEE и E также являются частным случаем выражения (3), когда в числителе $t_{hp} = 0$.

В качестве примера реализации метода оценки эффективности применительно к металлорежущим станкам на рис. 3–6 представлены результаты анализа потерь времени (приближенных к приведенным в табл. 2.). Этот метод применяется в разработанной программно-аппаратной системе АИС «Диспетчер» (ООО ИЦ «Станкосервис» г. Смоленск). Здесь отражены ключевые показатели эффективности: коэффициент загрузки оборудования, коэффициент готовности и характеристики простоев по различным причинам.



Рис. 3. Календарный отчет загрузки оборудования по сравнению с плановым коэффициентом – 65%



Рис. 4. Итоговые показатели работы станков за месяц с выделением временных потерь

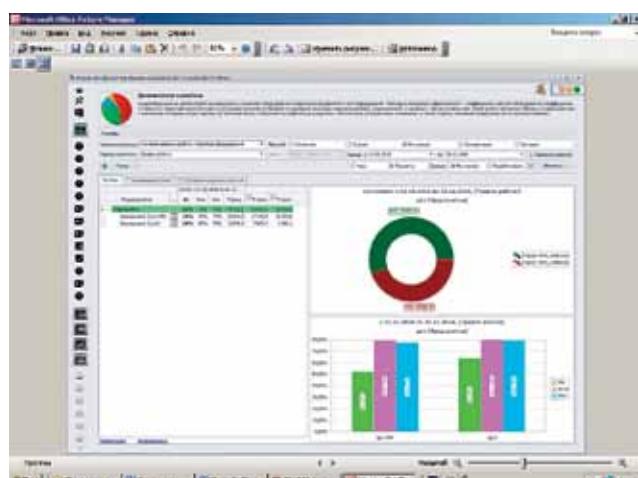


Рис. 5. Контроль времени работы и простоев оборудования по двум цехам



Рис. 6. Контроль времени простоев оборудования с указанием причин



Рис. 7. Фрагмент отчета о работе оборудования за день

На рис. 7 приведен суточный мониторинг работы оборудования, включая основные процессы и потери по параметрам «выключен», «аварийная остановка», «включен» и «под нагрузкой». В системе, реализованной на платформе winnum (ООО «Сигнум» г. Москва), также реализуется методология оценки эффективности оборудования.

Таким образом, оценка эффективности оборудования и производственных систем по различным существующим методикам учитывает при всем единстве различные по степени детализации составляющие параметры. При всей простоте и очевидности процессов производственного цикла, необходимы дальнейшие исследования в создании общей теоретической базы и понятий эффективности на основе системного представления структуры и взаимосвязей производственной системы и системы оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А.П., Каляшина А.В. Эффективность металлообрабатывающего оборудования и производственных систем. Ч. 1. Энергоэффективность металлообрабатывающего оборудования и производственных систем // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2017. № 1. С. 32–43.
 2. Шаумян Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов. М.: Машиностроение, 1973. 640 с.
 3. Ames V.A., Gililand J., Konopka A., Barber H. Semiconductor manufacturing productivity; Overall equipment effectiveness (OEE) guidelines, 1995. Technology transfer 950 327 443 A-GEN, Revision 1.0. Sematech.
 4. Chand G. and Shirvani B. Implementation of TPM in cellular manufacture // J. Mater. Processing Technol. 2000. Vol. 103. PP. 149–154.
 5. Dal B., Tugwell P. and Greatbanks R. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement // Int. J. Operations Prod. Manage. 2000. Vol. 20. № 12. PP. 1488–1502.
 6. Huang S.H., Dismukes J.P., Shi J., Su Q., Razzak M.A., Bodhale R. and Robinson D.E. Manufacturing productivity improvement using effectiveness metrics and simulation analysis // Int. J. Prod. Res. 2003. Vol. 41. № 3.
 7. Jeong K.-Y. and Phillips D.T. Operational efficiency and effectiveness measurement // Int. J. Operations Prod. Manage. 2001. Vol. 21. № 11.
 8. Kuznetsov A. P. Structure of cutting processes and equipment. Part 1. Energy – information model of the structure of machining processes // Russian Engineering Research. 2015. Vol. 35. № 5. Р. 347–357.
 9. Kuznetsov A. P., Blau P., Koriath H.-J., Richter M. Criteria for Energy – efficiency of Technological Processes, Technological Machines and Production
- Engineering Procedia CIRP. 7th HPC 2016// CIRP Conference on High Performance Cutting / Published by Elsevier B.V. 2016. Vol. 46. P. 340–343.
10. Jonsson P. and Lesshammar M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – The role of OEE // Int. J. Operations Prod. Manage. 1999. Vol. 19. № 1. PP. 55–78.
 11. Leachman R.C. Closed-loop measurement of equipment efficiency and equipment capacity // IEEE Trans. semiconduct. Manufact. 1997. Vol. 10. Feb.
 12. Ljundberg O. Measurement of overall equipment effectiveness for TPM activities // Int. J. Operations Prod. Manage. 1998. Vol. 18. № 5.
 13. Nakajima S. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Cambridge, MA: Productivity, 1988.
 14. Ron A.J. de Rooda J. E. Equipment Effectiveness: OEE Revisited // IEEE Transactions on semiconductor manufacturing. 2005. Vol. 18. № 1. PP. 190–196.
 15. Standard for Definition and Measurement of Equipment Productivity, Semiconductor Equipment and Material International (SEMI) E79-0200, 2000.
 16. Sattler L. Using queueing curve approximations in a fab to determine productivity improvements // in Proc. 1996 IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conf. Workshop, Cambridge, MA, Nov. 1996, pp. 140–145.

КУЗНЕЦОВ Александр Павлович –

доктор технических наук, профессор кафедры станков МГТУ «СТАНКИН»/МГТУ им. Н.Э. Баумана, директор по науке, инжинирингу и инновационному развитию АО «СтанкоПром»

КАЛЯШИНА Анна Викторовна –

кандидат технических наук, доцент, КНИТУ – КАИ

Фонд развития промышленности одобрил первые проекты

Экспертный совет Фонда развития промышленности (ФРП) при Минпромторге России одобрил первые в 2017 году проекты. Один из займов получит член Ассоциации «Станкоинструмент» ПАО «Сиблитмаш». Новосибирское предприятие ПАО «Сиблитмаш» займется производством литейного оборудования. Завод планирует модернизировать и обновить станочный парк для его производства. С привлечением займа компания планирует приобрести современные станки с более широким спектром технологических возможностей, а также обрабатывающие центры с числовым программным управлением (ЧПУ), позволяющие с одной установки обрабатывать детали в пяти плоскостях. Модернизация парка позволит повысить качество и эффективность производства, снизит себестоимость продукции. Кроме того, предприятие сможет выпускать новое оборудование собственной разработки в том числе с автоматическими настройками.

Технология литья из различных сплавов под давлением – это передовой метод получения высокоточных отливок, которые практически не требуют механической обработки. Производственное оборудование новосибирского предприятия и изделия, полученные на нем, востребованы в авиастроении, судостроении и приборостроении.

Стоимость проекта составит 430 млн руб., из которых 300 млн руб. могут быть предоставлены ФРП в виде льготного займа.

С 2015 года Фонд развития промышленности софинансировал 130 промышленных проектов в 42 регионах России с общей суммой займов 34,7 млрд руб. Реализация проектов позволит привлечь в реальный сектор экономики, помимо займов ФРП, 108 млрд руб. и создать более 12,4 тыс. рабочих мест.

minpromtorg.gov.ru