

УДК 65.011:676.05

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАРТОНА В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Козлова С.В., Фещенко А.А., Широков А.А.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь,  
e-mail: svetlana.kozlova.1992@bk.ru*

В статье рассмотрены особенности целлюлозно-бумажного производства в контексте обеспечения работоспособности оборудования. Для оценки эффективности использования оборудования применена методика ОЕЕ (Overall Equipment Efficiency – общая эффективность оборудования). Данная методика адаптирована под проблемы предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Приведены основные показатели эффективности использования оборудования в соответствии с данной методикой. Система показателей обеспечения работоспособности оборудования транспонирована в конкретный инструмент управления. Разработаны формы сбора информации для получения количественных значений. Разработаны структуры плана-отчёта по работам в период плановых остановок и в текущий период. Приведена пилотная модель практического инструмента комплексной методики анализа эффективности использования оборудования в Группе предприятий «ПЦБК». Внедрение результатов работы позволяет оперативно получать информацию о состоянии всего технологического комплекса и отдельных его участков, выявлять причины изменений и принимать управленческие решения по устранению ненормативного состояния при использовании оборудования.

**Ключевые слова:** техническое обслуживание и ремонт, работоспособность оборудования, методика анализа эффективности использования оборудования, ОЕЕ, Overall Equipment Efficiency, общая эффективность оборудования, целлюлозно-бумажная промышленность, производство бумаги, производство картона

## ANALYSIS OF EFFICIENCY OF EQUIPMENT IN PULP AND PAPER INDUSTRY

Kozlova S.V., Feshchenko A.A., Shirokov A.A.

*Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: aleksandr.feshchenko@pcbk.ru*

The article describes the features of the pulp and paper production in the context of equipment performance. Methods of OEE (Overall Equipment Efficiency – Overall Equipment Effectiveness) is applied to assess the effectiveness of the equipment. This technique is adapted to the problems of the pulp and paper industry. The main indicators of the effectiveness of the equipment is listed in accordance with this procedure. Indicators system of performance of equipment is transposed to a specific management tool. Forms of collecting information for quantitative values was developed. The structure of the reports on the works during the planned stops and in the current period was developed. Presented pilot method of complex analyzing the effectiveness of the equipment in the Group companies «PTSBK». Implementation of the results of the work is allows quickly get information about the status of the entire technological complex and its individual parts, identify the reasons for the changes, and make management decisions on elimination of deviant state.

**Keywords:** maintenance and repair, equipment operation, technique of analysis of efficiency equipment using, OEE, Overall Equipment Efficiency, the pulp and paper industry, production of paper, production of cardboard

Производство целлюлозно-бумажной продукции представляет собой непрерывный процесс. Это значит, что бумагоделательная машина работает круглосуточно в течение длительного времени. Поэтому любой простой машин влечет за собой существенные производственные потери. Чтобы эти потери минимизировать, техническое обслуживание и ремонтные работы требуется проводить в периоды плановых остановок или, по возможности, на работающем оборудовании (в соответствии с правилами охраны труда и промышленной безопасности). Целесообразно также иметь резервные производственные ветки и резервное оборудование, которые должны поддерживаться в нормативном состоянии и быть готовыми

к запуску в случае аварийного останова основной технологической линии. Для совершенствования производства необходимы объективные данные о модернизации оборудования, а в некоторых случаях и о целесообразности его полной замены. Пока чаще всего решение принимается на основании здравого смысла или просто интуитивно.

Таким образом, необходимо не только оптимально использовать оборудование, но и повышать эффективность его использования за счет снижения его простоев.

Для оценки эффективности использования принято считать достаточно современной и комплексной методику ОЕЕ (*Overall Equipment Efficiency* – общая эффективность оборудования) [1].

Показатель ОЕЕ применяется для количественной оценки эффективности использования оборудования. Данный показатель складывается из произведения следующих составляющих:

$$ОЕЕ = \text{Доступность} \times \text{Производительность} \times \text{Качество},$$

где Доступность – это результат измерения времени готовности машины к работе:

$$\text{Доступность} = \frac{\text{Время работы оборудования}}{\text{Планируемое производственное время}}.$$

Потерями по данному показателю могут быть отказ оборудования (и, соответственно, ремонтные работы), простой оборудования из-за отсутствия сырья, ожидания персонала, техническое обслуживание (плановое и внеплановое).

Производительность – результат пропускной способности оборудования (сравнение фактической скорости машины с идеальной теоретической).

$$\text{Производительность} = \frac{\text{Произведенная продукция}}{\text{Идеальная скорость} \times \text{Время работы}},$$

где Идеальная скорость – теоретическая скорость производственной линии в идеальных условиях.

Примером потерь по данному показателю является сниженная скорость из-за неудовлетворительного состояния оборудования, некачественного сырья и т.д.

Качество – результат измерения материальных потерь:

$$\text{Качество} = \frac{\text{Качественная продукция}}{\text{Произведенная продукция}}.$$

Примерами потерь по данному показателю могут быть брак продукции, обрывы, излишние обрезки при производстве гофропродукции [2, 4].

Как же оценить по данному показателю эффективность использования оборудования применительно к целлюлозно-бумажной отрасли?

Работоспособность оборудования определяется по заданным параметрам, указанным в табл. 1, которые характеризуются соответствующими показателями.

Очевидно, что параметры время работы, скорость и качество продукта соответствуют трём составляющим методики *ОЕЕ*. Но из-за специфики отрасли целлюлозно-бумажной промышленности следует сделать вывод о целесообразности включения еще двух параметров: ритмичность и восстановление работоспособности [3].

Теперь остановимся подробнее на характеризующих их показателях. Каждый показатель непосредственно характеризует конкретный процесс обеспечения работоспособности оборудования. Предлагается эти процессы разделить на 4 основные группы:

- операции на работающем оборудовании;
- работы в плановый останов;
- восстановление работоспособности в аварийный останов;
- восстановление фонда резервного оборудования;

В табл. 2 представлена связь этих процессов с характеризующими их показателями.

**Таблица 1**

Показатели обеспечения работоспособности оборудования в соответствии с заданными параметрами

| Требования (параметры)           | Показатели  |
|----------------------------------|---|
| Время работы оборудования        | Время эксплуатации  |
|                                  | Время плановых простоев   |
|                                  | Время внеплановых простоев  |
| Ритмичность                      | Потери при отклонении от производственного цикла                      |
| Скорость                         | Потери в скорости по техническим причинам                             |
| Качество продукта                | Потери от брака по техническим причинам                               |
| Восстановление работоспособности | Время восстановления работоспособности в случае внепланового останова |

**Таблица 2**

Обеспечение работоспособности оборудования

| Процессы обеспечения работоспособности   | Показатели  |
|--|---|
| Операции на работающем оборудовании:<br>● Выявление отклонений в работе оборудования<br>● Оценка, принятие решения<br>● Назначение мероприятий по устранению отклонений                    | Отклонения в работе на начало периода;<br>Выявлено отклонений<br>Устранено отклонений<br>Отклонения в работе на конец периода |
| Работы в плановый останов:<br>● Планирование работ<br>● Подготовка к работам<br>● Выполнение ремонтных операций в плановый останов<br>● Запуск   | План-факт по длительности<br>План-факт по работам<br>Причины отклонений<br>Невыполненные критичные работы                     |
| Восстановление работоспособности в аварийный останов:<br>● Выявление причин, принятие решения<br>● Подготовка к работам<br>● Выполнение ремонтных операций в аварийный останов<br>● Запуск | Время восстановления работоспособности<br>Причины отклонений<br>Невыполненные критичные работы                                |
| Восстановление фонда резервного оборудования:<br>● Выполнение ремонтных операций на ремонтном фонде<br>● Изготовление/восстановление деталей, узлов  | Готовность резервного оборудования в процентах по группам<br>Отклонения резервного фонда по критичным позициям                |

**Таблица 3**

Структура справки обеспечения работоспособности оборудования

| Комплекс показателей   | Группа показателей              |
|------------------------|---------------------------------|
| Потери времени         | Простои (включая холостые ходы) |
| Состояние оборудования | Установленное оборудование      |
|                        | Резерв                          |
| Выполнение работ       | Плановый останов                |
|                        | Текущие работы                  |

**Таблица 4**

Структура отчёта по простоям оборудования

| Причина              | Время простоя             | Служба                            |
|----------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Наименование причины | Фактическое время простоя | Наименование ответственной службы |

Показатели, как уже было отмечено, складываются из методики анализа ОЕЕ и показателей, характерных именно для данной отрасли [5].

Как же применить методику ОЕЕ, адаптированную в ходе исследования к специфике целлюлозно-бумажного производства?

Система показателей обеспечения работоспособности оборудования транспонирована в конкретный инструмент управления. Для принятия решений необходимые данные формализуются в виде справки. Структура справки представлена в табл. 3.

Рассмотрим комплекс показателей и соответствующие им группы показателей:

1. Потери времени из-за простоев, включая работу оборудования без выпуска продукции.

2. Состояние рабочего оборудования.
3. Состояние резервного оборудования.
4. Выполнение работ в плановый останов.
5. Выполнение текущих работ.

Для эффективного управления процессами обеспечения работоспособности оборудования руководитель получает информацию с подробными расшифровками.

По первой группе показателей руководителю формируется отчет по простоям оборудования (табл. 4) за определенный период.

Для оценки состояния рабочего оборудования руководству предоставляются сведения о неустранённых дефектах (табл. 5). Причинами неустранённых дефектов могут быть отсутствие комплектующих, время на их приобретение и транспортировку, время на изготовление необходимых узлов, от-

сутствие или низкая квалификация специалистов, отсутствие технологической документации по выполнению ремонтных работ и некоторые другие причины.

**Таблица 5**  
Структура отчета о неустранённых дефектах

| Позиция оборудования            | Дефект           |
|---------------------------------|------------------|
| Наименование, шифр оборудования | Описание дефекта |

По третьей группе показателей готовится информация о состоянии резервного оборудования (табл. 6).

Под статусом резервного оборудования понимается возможность использования его (степень готовности) при замене основного оборудования.

По четвертой группе показателей формируется подробный план-отчёт по работам в плановый останов (табл. 7).

И, наконец, по пятой группе показателей руководству предоставляется план-отчёт по выполнению текущих работ (табл. 8).

Немаловажным вопросом является проблема получения объективной информации, на основании которой и рассчитывается показатель эффективности работы оборудования.

Методика анализа эффективности работы оборудования предусматривает использование данных, получаемых от других автоматизированных систем, функционирующих на предприятии. В частности, производительность оборудования, простой из-за неисправности и некоторые другие данные

могут быть получены от SCADA-систем. Надо отметить, что эти данные будут наиболее достоверными и могут сниматься с любой периодичностью, поскольку процесс получения этих данных не зависит от человеческого фактора [4].

Другим источником данных являются системы управления производственными процессами (MES-системы). В этом случае используются календарные планы проведения плановых профилактических работ, подготовки оборудования. Здесь же формируются отчеты о сроках реально проведенных работ (план/факт). MES-система позволяет также получить данные о производительности оборудования, проценте выпуска качественной продукции.

Наконец, целый ряд данных можно получать из ERP-систем. В частности, перспективные планы проведения модификации оборудования, перехода на новую продукцию, мероприятия по повышению качества и многое другое.

Фактически методика оценки эффективности оборудования базируется на едином информационном пространстве предприятия, где необходимые данные собираются автоматически и посредством ручного ввода из всех функционирующих автоматизированных систем предприятия. Полученные при этом интегральный показатель эффективности и выявленные потери позволяют выработать мероприятия по эффективному использованию оборудования, поддержанию его в рабочем состоянии, планирования ремонта и модернизации, вплоть до обоснованной замены устаревшего оборудования.

**Таблица 6**  
Структура отчета о состоянии резервного оборудования

| Основное оборудование                     | Резервное оборудование                     | Статус                         |
|---|--|--------------------------------|
| Наименование, шифр основного оборудования | Наименование, шифр резервного оборудования | Статус резервного оборудования |

**Таблица 7**  
Структура плана-отчёта по работам в плановый останов

| Работа              | Исполнитель                     | Время  | Материалы   |
|---------------------|---------------------------------|--|---|
| Наименование работы | Наименование службы-исполнителя | Плановое и фактическое время выполнения работы | Наименование и количество использованных материалов |

**Таблица 8**  
Структура плана-отчёта по выполнению текущих работ

| Работа              | Служба                            | Исполнитель                     | Время  | Статус        |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|---------------|
| Наименование работы | Наименование ответственной службы | Наименование службы-исполнителя | Плановое и фактическое время выполнения работы | Статус работы |

В группе предприятий Пермского целлюлозно-бумажного комбината внедрена система повышения эффективности использования оборудования, основанная на методике *ОЕЕ* и показателях, характерных для отрасли. Это позволяет оперативно получать информацию о состоянии всего технологического комплекса и отдельных его участков, выявлять причины изменений и принимать управленческие решения по устранению ненормативного состояния и использования оборудования.

#### Список литературы

1. Общая эффективность оборудования / пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 120 с.
2. Россоха Е.В. Оценка эффективности управления оборудованием на предприятии // Труды БГТУ. – 2014. – № 7. – С. 175–177.
3. Система технического обслуживания и ремонта оборудования технологических линий по производству целлю-

лозы, бумаги и картона. Утв. Минлесбумпром. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 247 с.

4. Шопин А.Г., Занин И.В. ОЕЕ и управление простоями: от теории к реализации в SIVFNIC IT // Автоматизация в промышленности. – 2006. – № 9. – С. 26–29.

5. Ящуря А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: Справочник. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 360 с.

#### References

1. Obshhaja jeffektivnost oborudovanija / per. s angl. M.: Institut kompleksnyh strategiche-skih issledovanij, 2007. 120 p.
2. Rossoha E.V. Ocenka jeffektivnosti upravljenija oborudovanijem na predpriyatii // Trudy BGTU. 2014. no. 7. pp. 175–177.
3. Sistema tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta oborudovanija tehnologičeskikh linij po proizvodstvu celljulozy, bumagi i kartona. Utv. Minlesbumprom. M.: Lesnaja promyshlennost, 1981. 247 p.
4. Shopin A.G., Zanin I.V. OEE i upravlenie prostojami: ot teorii k realizacii v SIVFNIC IT // Avtomatizacija v promyshlennosti. 2006. no. 9. pp. 26–29.
5. Jashhura A.I. Sistema tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta obshhepromyshlennogo oborudovanija: Spravochnik. M.: Izd-vo NC JeNAS, 2006. 360 p.