

Бесколонный гидравлический ТПА модели ENGEL victory 200/50 spex с высоким коэффициентом использования, который должен демонстрироваться на выставке «Интерпластика-2010» (фото: ENGEL)



# Коэффициент использования оборудования и прибыльность производства

В. В. Окорочков, к. т. н.,  
МАТИ-РГТУ им. К. Э. Циолковского

*Для экономически выгодного и конкурентоспособного производства высококачественной продукции необходимы возможно более полное использование эксплуатируемого оборудования и постоянный контроль его загрузки. К неоправданному простоему оборудования и, соответственно, нарушению нормального хода производства могут приводить как технические, так и организационные причины, которые необходимо быстро и однозначно идентифицировать, задокументировать и оперативно устранить, предпринимая в дальнейшем профилактические мероприятия для их предотвращения.*

Регулярная количественная оценка и документирование показателей загрузки перерабатывающего оборудования и его простоев позволяют:

- своевременно обнаруживать слабые места в производственном процессе и принимать меры к их устранению;
- документально подтверждать претензии к производителям оборудования в случае его отказа в период гарантийного срока;
- объективно сравнивать технические возможности и надежность различных моделей оборудования аналогичного назначения;
- рассчитывать экономические показатели производства;
- обоснованно принимать решения о дальнейших инвестициях в производство.

Все сказанное в полной мере относится и к оборудованию, предназначенному для переработки полимерных материалов (ПМ). Актуальность этого вопроса и вместе с тем недостаточное внимание к нему со стороны переработчиков ПМ подчеркивают, например, данные, полученные в результате опроса своих клиентов маркетинговой службой австрийской компании ENGEL Austria GmbH, одного из ведущих мировых производителей литьевого оборудования для переработки ПМ. Так, в результате опроса оказалось, что количество предприятий, руководство которых на словах понимает важ-

ность постоянного контроля и учета показателей работы литьевого оборудования, заметно превышает количество предприятий, где это осуществляется на самом деле.

Определяющей характеристикой загрузки оборудования является коэффициент его использования. В Германии, например, существуют нормы VDI 3423 (VDI-Richtlinien «Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen. Begriffe, Definitionen, Zeiterfassung und Berechnung»), разработанные Союзом немецких инженеров VDI (Verein Deutscher Ingenieure) и регламентирующие расчет коэффициентов загрузки оборудования и производственных систем, включая коэффициент их использования, с учетом возможных потерь времени из-за простоев по тем или иным причинам\*.

## 1. Показатели загрузки оборудования

### 1.1. Время простоя $T_0$ по организационным причинам

Под временем простоя  $T_0$  понимают сумму времен всех перерывов в нормальном ходе производства, причинами которого являются недостатки и ошибки в подготовке и организации производственного процесса на предприятии *потребителя оборудования* – переработчика ПМ. Подобными недостатками могут быть, например,

\* В статье сохранены немецкоязычные обозначения различных показателей, принятые в указанном документе. – Прим. автора.

неожиданное отключение электроэнергии, недостаточная квалификация оператора или ремонтника, запаздывание с сообщением об ошибках и с их устранением, затраты времени на ожидание обслуживающего персонала (ремонтников) и запасных частей, на пробный запуск оборудования для уточнения причины его отказа и после ее устранения. Сюда же следует отнести и неоправданные потери времени из-за некачественного и (или) нерегулярного обслуживания оборудования, а также из-за плохого обеспечения технологического процесса материалами, заготовками, инструментом и т.п.

### 1.2. Время простоя $T_T$ по техническим причинам

Время простоя  $T_T$  рассчитывают как сумму всех времен прекращения выпуска плановой продукции, причинами которого являются недостатки конструкции оборудования или его изготовления, неправильный выбор или дефектность материала элементов оборудования, а также ошибки в документации. Ответственным за указанные причины простоя является *производитель оборудования*. Их следствием являются потери времени на выявление и устранение этих недостатков, ожидание запасных частей, ремонтной бригады, затраты времени на диагностику оборудования и его пробный запуск после ремонта. Вероятность подобных причин простоя оборудования и упущенной выгоды, а также мера ответственности его производителя должны быть учтены потребителем в договоре на поставку и сервисное обслуживание оборудования.

### 1.3. Время обслуживания оборудования $T_W$

Время  $T_W$  включает в себя все регламентированные затраты времени на обслуживание оборудования и на его пробный запуск после окончания регламентных работ.

### 1.4. Время тестирования оборудования $T_C$

Если тестирование (диагностика) оборудования происходит в процессе производства плановой продукции заданного качества, то время  $T_C$  добавляется к фактическому времени  $T_N$  использования оборудования, в других случаях – к организационным потерям времени  $T_O$ .

### 1.5. Истинный фонд времени $T_N$ использования оборудования

В течение периода времени  $T_N$  наблюдается нормальный ход производства, когда оборудование работает на полную мощность и выпускает плановую продукцию. Но обычно из-за простоев по организационным (время  $T_O$ ) или техническим (время  $T_T$ ) причинам, а также из-за необходимости обслуживания оборудования (время  $T_W$ ) время  $T_N$  является большей или меньшей, но частью планируемого номинального фонда времени  $T_B$  использования оборудования.

### 1.6. Номинальный фонд времени $T_B$ использования оборудования

Период времени  $T_B$  представляет собой запланированное время использования оборудования для

Таблица 1. Отношения между характерными временами работы и простоя оборудования

Общее время наблюдения (например, смена, месяц, календарный год или гарантийный срок)			
$T_B$ : номинальный фонд времени использования оборудования (см. п. 1.6)			Простой оборудования из-за неиспользования по назначению*
$T_N$ : истинный фонд времени использования оборудования (см. п. 1.5)	$T_O$ : время простоя по организационным причинам (см. п. 1.1)	$T_T$ : время простоя по техническим причинам (см. п. 1.2)	$T_W$ : время обслуживания оборудования (см. п. 1.3)
$T_C$ : время тестирования оборудования (см. 1.4)			

\* Например, из-за отсутствия заказов на выпускаемую продукцию или из-за отключения на выходные или праздничные дни.

выпуска продукции, является частью общего времени наблюдения и в общем случае равен

$$T_B = T_N + T_O + T_T + T_W.$$

Соотношение между характерными временами работы и бездействия оборудования в течение определенного времени наблюдения представлено в табл. 1.

### 1.7. Представление характерных времен работы и простоя оборудования в относительном выражении

Дополнительную информацию о соотношении между собой характерных времен работы и простоя оборудования дают коэффициенты, равные доле соответствующего времени от номинального фонда времени  $T_B$  использования оборудования. Так, коэффициент  $A_O$  простоя оборудования по организационным причинам будет равен

$$A_O = \frac{T_O}{T_B} \cdot 100\%,$$

коэффициент  $A_T$  простоя по техническим причинам

$$A_T = \frac{T_T}{T_B} \cdot 100\%,$$

коэффициент  $A_W$  затрат времени на обслуживание оборудования

$$A_W = \frac{T_W}{T_B} \cdot 100\%,$$

и, наконец, коэффициент  $N_G$  использования оборудования рассчитывается следующим образом:

$$N_G = \frac{T_N}{T_B} \cdot 100\% = \frac{T_B - T_O - T_T - T_W}{T_B} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{T_O + T_T + T_W}{T_B}\right) \cdot 100\%.$$

Соответственно, истинный фонд времени  $T_N$  работы оборудования при известных значениях  $T_B$  и  $N_G$  [отн. ед.] рассчитывается так:

$$T_N = T_B \cdot N_G.$$

Зачастую в договорных отношениях между производителем оборудования и его потребителем (в частности, переработчиком ПМ) фигурирует такой относительный параметр, как технический коэффициент использования оборудования  $N_T$ , равный

$$N_T = 100\% - \left(\frac{T_T}{T_B} \cdot 100\%\right) = \left(1 - \frac{T_T}{T_B}\right) \cdot 100\%$$

и косвенно характеризующий техническое совершенство оборудования.

Если значение этого коэффициента равно 100 %, это означает, что если и были простои оборудования за определенный период наблюдения ( $N_G < 100\%$ ), то не

по техническим причинам, то есть не по вине производителя оборудования, и переработчику ПМ необходимо обратить внимание на недостатки собственного производства, при устранении которых имеющееся оборудование предоставляет потенциальные технические

Таблица 2. Исходные данные и результаты расчета дополнительной годовой прибыли, полученной при изготовлении бамперов автомобилей на ТПА производства компании ENGEL, по сравнению с другим ТПА, имеющим меньшее значение коэффициента использования  $N_G$

Показатель	ТПА ENGEL	Другой ТПА
Количество рабочих дней	362	
Количество смен	3	
Количество рабочих часов в одной смене, ч/смена	8	
Номинальный фонд времени ( $T_B$ ), ч/год	8688	
Время простоя по организационным причинам ( $T_O$ ), ч/год	0	
Время простоя по техническим причинам ( $T_T$ ), ч/год	336	2259
Коэффициент использования ТПА ( $N_G$ ), отн. ед.	0,96	0,74
Коэффициент использования литейной формы ( $N_L$ ), отн. ед.	0,94	
Количество гнезд в форме	1	
Коэффициент использования комплекса «ТПА – форма»* ( $N_{GF}$ ), отн. ед.	0,90	0,70
Время цикла, с	105	
Истинный фонд времени ( $T_N$ ), ч	7851	6043
Количество изделий, изготовленных за год, шт./год	269 173	207 201
Дополнительный объем продукции, шт./год	61 972	0
Масса изделия, кг	2,969	
Материал	Полипропилен	
Стоимость, руб./кг	40	
Стоимость материала, расходуемого на одно изделие, руб.	118,76	
Доля расходов на материал в стоимости изделия	50 %	
Стоимость изделия, руб.	237,52	
Доля прибыли в стоимости изделия	25 %	
Прибыль с изделия, руб./шт.	59,38	
<b>Дополнительная прибыль, руб.</b>	<b>3 679 897,36</b>	<b>0</b>

\* Равен произведению коэффициентов использования ТПА и формы.

возможности его полного использования в течение всего номинального фонда времени ( $N_G \rightarrow 100\%$ ).

Несколько более сложным (и нерассматриваемым в данной статье) является расчет подобных и некоторых дополнительных параметров загруженности производственной системы, которая состоит из нескольких отдельных или объединенных в поточную линию единиц оборудования (станций) с собственными, перечисленными выше показателями, влияющими в совокупности на показатели загруженности всей производственной системы в целом.

## 2. Расчет дополнительной прибыли от применения оборудования с более высоким коэффициентом использования

Одной из основных задач (если не основной) для любого предприятия является повышение прибыльности производства. Но когда перед его руководством встает вопрос о приобретении новой установки (машины, линии и т.п.), то актуальный на момент покупки (но сиюминутный) вопрос цены в известном соотношении «цена/качество» имеет зачастую превалирующее значение, чем качество приобретаемого оборудования. Хотя в долгосрочной перспективе покупка более надежного, хотя и более дорогого, оборудования может оказаться (и обычно оказывается) более рентабельной.

Как известно, комплексное понятие «надежность» количественно характеризуется показателями безотказности, долговечности, ремонтпригодности и транспортируемости. Повышение надежности перерабатывающего оборудования и, в первую очередь, показателей его безотказности позволяет повысить технический коэффициент его использования  $N_T$  и создает предпосылки (при сведении к минимуму простоев оборудования по организационным причинам) к повышению коэффициента использования  $N_G$ . При этом следует понимать, что повышение надежности собственно оборудования, например термопластавтомата (ТПА), требует соответственно и большей надежности технологической оснастки и периферийных систем, поскольку внезапный выход из строя литьевой формы, робототехнического оснащения, установок для сушки, подачи, смешения, дозирования компонентов ПМ и др. приведет к остановке технологического процесса даже при высокой надежности ТПА.

Нижеприведенный пример расчета годовой прибыли, полученной за счет выпуска дополнительного объема продукции (табл. 2), наглядно иллюстрирует экономические преимущества работы на ТПА с более высоким значением  $N_G$ . Данный пример взят из опыта работы со своими клиентами австрийской компании ENGEL Austria GmbH, выпускающей высокотехнологичные ТПА как для стандартных, так и для специальных методов литья под давлением деталей из ПМ.

Для упрощения расчетов значения всех других (кроме  $N_G$ ) показателей были приняты одинаковыми (см. табл. 2). Понятно, что в этом случае полученные результаты не учитывают, очевидно, более высокую стоимость более надежного ТПА и соответствующие амортизационные

отчисления, как, впрочем, не учитывают и экономию средств за счет, например, существенного увеличения межремонтных периодов времени. Поэтому погрешность расчета не должна быть высокой. Из его результатов следует, что дополнительная прибыль, полученная за год, при изготовлении бамперов автомобиля на ТПА с более высоким коэффициентом его использования составляет при прочих равных условиях более 3,6 млн руб.

Таким образом, правильное и эффективное применение современного оборудования для переработки ПМ, рассчитанного на максимальное время использования в работе в течение длительного периода времени эксплуатации, приносит дополнительную прибыль предприятиям – переработчикам ПМ, обеспечивает более высокую конкурентоспособность на рынке их продукции и сокращает срок окупаемости затраченных на приобретение оборудования материальных средств.

### *Equipment utilization ratio and production profitability*

*V. V. Okorokov*

*Correct and efficient application of modern plastic processing equipment allowing for maximum time utilization within a long service life period brings additional profit to producers, raises their product competitive level at the market and reduces the recompense period of capital investments in the equipment. Procedure of equipment utilization ratio calculation is presented and an example of calculating the profit for an injection molding machine with a high equipment utilization ratio is given.*