

ЭКСТЕНСИВНЫЕ РЕСУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Многоцелевые станки (станочные системы) с микропроцессорными устройствами числового программного управления (УЧПУ) являются уникальным автоматическим оборудованием. В международной литературе их именуют термином «Обрабатывающий центр» (ОЦ) и «Токарный обрабатывающий центр» (ТОЦ). Они обладают широчайшим спектром технологических возможностей и производительностью [1]. В то же время имеют очень высокую стоимость до 5 – 10 миллионов рублей или выше (для обработки крупногабаритных деталей). Поэтому вопросы экономичности обработки деталей на их основе требуют особого внимания и изучения. Первым необходимым условием их рационального использования является обработка особо сложных, точных, многомерных деталей, как в оптическом производстве так и в других отраслях машино - приборостроения, в условиях мелко и средне-серийного производства.

Эффективность автоматизации на основе ОЦ и ТОЦ оценивается по интегральным показателям: экономическому эффекту за год (Эфг) в рублях, сроку окупаемости капитальных затрат (Ток), в годах, с учётом следующих, изложенных ниже, дополнительных источников экономии, которые отсутствуют при использовании станков с ручным управлением и не всегда выступают в явном виде:

1. Повышение производительности труда оператора за счёт: концентрации разнородных операций обработки за один установ на ОЦ и ТОЦ; возрастание непрерывности процесса обработки, отсутствие коммуникационных потерь; возможность применения многостаночного обслуживания (двух-четырёх станков); интенсификации режимов резанья на 150 – 400%; облегчения условий труда, снижение утомляемости операторов и обеспечение технике безопасности; многократное (на порядок и более) сокращение длительности цикла обработки и объёмов незавершённого производства, сложной технологической оснастки и других оборотных фондов; повышение и стабилизация качества - повторяемой точности обработки до такого уровня, который при традиционных методах обработки был практически не достижим.

Станки ОЦ и ТОЦ выполняются по повышенному, высокому и особо высокому классам точности, что исключает ошибки и разброс размеров в деталях; обеспечивает сокращение трудоёмкости доделочных и пригоночных работ на сборке (кратно числу операций на эти виды работ для сопрягаемых деталей); исключаются неточности многочисленных приспособлений используемых на станках с ручным управлением (РУ), многократных

установок, базирования, закрепления заготовок, постоянные и случайные погрешности станков с РУ.

На станках с ЧПУ, ОЦ и ТОЦ, по требованию заказчика, обеспечивается активный контроль обрабатываемых деталей, коррекция размеров координат положения режущих кромок инструмента и других функций технологического процесса, включая самодиагностику устройства ЧПУ и контроль работы станка; ликвидируются операции разметки в механическом производстве; экономятся затраты и многократно сокращается потери времени на межоперационное пролёживание заготовок, их учёт и складывание; достигается экономия на межоперационном транспорте и в площадях складских помещений.

2. Повышение гибкости производства, за счет быстрой переналадки оборудования на изготовление новых деталей.

3. Сокращение цикла подготовки производства новых деталей и, следовательно, изделий.

4. Достижение большого организационного эффекта: упрощение планирования, диспетчирования, учёта, надёжного обеспечения производства сложными базовыми деталями:

- Сокращение времени между принятием заказа на обработку и выдачей готовых деталей, облегчение контроля сроков прохождения заказов;

- Упрощение синхронизации времени обработки различных деталей, быстрое согласование программы загрузки станков в зависимости от конкретных условий.

5. Для планово-производственных служб – упрощение увязки вопросов, связанных с организацией работ по обеспечению ритмичности и ликвидации «узких мест» в связи с радикальным снижением брака из-за утомляемости рабочих – станочников сравнительно с обработкой на станках с РУ.

6. Сокращение потребности в квалифицированных рабочих-операторах, контролерах, основных и вспомогательных рабочих, в технических специалистах – программистах, в управленческом персонале, что уменьшает прямые затраты по заработной плате, косвенные затраты на подоходный налог, отчисления в социальную сферу и, в конечном счете, обеспечивает снижение себестоимости продукции.

7. Существенная экономия: основных и вспомогательных производственных помещений (зданий, сооружений) и другого имущества (технологического, подъемно-транспортного, энергетического и иных видов оборудования); площадей земельного участка, включая, все коммуникации, что так же обеспечивает весомое уменьшение налоговой нагрузки; сокращение других, менее значительных прямых и косвенных налогов на единицу продукции. Повышение $\cos \varphi$ и уменьшение платы за электроэнергию, а так же сокращение затрат и экономия всех других видов энергоносителей.

8. Одним из важнейших достижений использования современных станков с ЧПУ следует считать: повышение интеллектуальности производственной среды и квалификации персонала; улучшение структуры

материальных и информационных потоков; сокращение коммуникационных потерь; возможность ускоренной переналадки к изменению рыночного спроса.

9. Для многих предприятий важным является фактор – повышение и стабилизация качества, – что гарантирует высокий уровень технологической однородности продукции, её взаимозаменяемость, снижение затрат на пригоночные и притирочные работы на сборке, и в конечном счёте – повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Годовая экономия $\Gamma_э$, в рублях оценивается разностью годовых приведённых затрат на изготовление одинакового объёма продукции в течении года

$$\Gamma_э = \Pi_1 - \Pi_2 = (C_1 + E_n K_1)\beta - (C_2 - E_n K_2). \quad (1)$$

Где, Π_1 и Π_2 – приведенные затраты за год работы соответственно по базовому и новому вариантам; C_1 и C_2 – себестоимость обработки, производимой в течении года продукции, соответственно на базовом (универсальном) станке и на станках с ЧПУ, ОЦ и ТОЦ; K_1 и K_2 – величина капитальных вложений в основные фонды (на оборудования и здания) и в оборотные средства (оснастку, незавершённое производство, управляющие программы), соответственно по базовому и новому вариантам; E_n рекомендуемый коэффициент эффективности капитальных вложений.

Срок окупаемости капитальных вложений τ для государственных предприятий машиностроения

$$\tau = \frac{K_1 - K_2}{C_1 - C_2} \leq 8,3 \text{ года.} \quad (2)$$

Для предприятий других форм собственности τ определяется сроком погашения кредита, взятого на приобретение оборудования.

Коэффициент приведения затрат базисного варианта к годовому объёму производства на станке типа ОЦ и ТОЦ β равен

$$\beta = \frac{T_{шт.к1} F_{эф2}}{T_{шт.к2} F_{эф1}}, \quad (3)$$

где $T_{шт.к1}$, $T_{шт.к2}$, $F_{эф.1}$, $F_{эф.2}$ соответственно штучно-калькуляционное время и годовые фонды эффективного времени работы базового и нового станка.

Себестоимость обработки единицы продукции с целью анализа влияния показателей, характеризующих уровень организации использования ОЦ, можно представить выражением:

$$C = \frac{C_3}{K_m} \mu + \frac{C_f}{Q F_{эф} K_{см} K_3 (1 - K_n) t}$$

(4)

где C_3 – расходы по заработной плате на единицу продукции при обслуживании одним рабочим одного станка; K_m – коэффициент многостаночности; μ – коэффициент, характеризующий отношение материальных затрат к расходом заработной платы в составе условно-переменных расходов при обработке конкретной группы деталей; C_f – условно-постоянные расходы на годовой выпуск продукции; Q – число станков на участке; $F_{эф}$ – эффективный фонд времени при односменном режиме работы оборудования в плановом (отчётном) периоде; $K_{см}$ – коэффициент сменности оборудования; K_3 – коэффициент загрузки оборудования; K_n – коэффициент, учитывающий затраты времени, в течение которого на ОЦ контролируют и отлаживают внедряемые новые управляющие программы (при выполнении этих работ вне оборудования или вне рабочей смены $K_n = 0$); t – станкоёмкость изготовления деталей;

Из формул 1, 2, 3, следует что увеличение годовой экономии Γ_3 и сокращение срока окупаемости затрат τ в решающей степени обеспечивается сокращением затрат по заработной плате на единицу продукции C_3 , снижением $t_{шт.к2}$, повышением $F_{эф2}$, уменьшением стоимости капитальных вложений и оборотных средств K_2 .

Из (4) следует, что увеличение коэффициентов сменности и загрузки станков $K_{см}$, K_3 обеспечивает рост выпуска продукции и снижение условно-постоянных расходов на единицу продукции так же за счёт наиболее полного использования эффективного времени $F_{эф}$ работы оборудования. Расширение зоны обслуживания (то есть увеличение коэффициента многостаночности K_m) позволяет снизить условно-переменные расходы, за счёт уменьшения издержек на заработную плату на единицу продукции.

Из формулы (4) следует так же, что снижение себестоимости C (в общем случае) в значительной степени зависит от уменьшения станкоёмкости t и увеличения количества станков на участке Q .

Таким образом, повышение уровня организации и использования ОЦ и ТОЦ по времени обеспечивает снижение себестоимости обработки деталей без привлечения дополнительных капитальных вложений.

Следовательно, в организационном плане основные идеи в стратегии использования станков с ЧПУ типа ОЦ можно сформулировать так:

- Всемерное увеличение эффективного времени работы оборудования $F_{эф2}$ путём организации трёхсменной работы;
- Сокращение всех видов внутрисменных простоев по техническим и организационным причинам;
- Выпуск большего объёма дополнительной продукции (3) за счёт максимально увеличенной загрузки станков;

- Массированное внедрение станков с ЧПУ и ОС в объёме $\geq 10 - 15\%$ от общего количества станочного оборудования, что снижает удельные издержки эксплуатации;
- Организация многостаночного обслуживания.

Эти компоненты являются экстенсивными ресурсами повышения эффективности станков с ЧПУ.

Экстенсивное использование ОЦ можно характеризовать коэффициентом, который показывает время работы станка и время его простоев.

$$K_{\text{э}} = \frac{F_{\text{эф2}}}{F_{\text{к}}}, \quad (5)$$

где $F_{\text{к}}$ – календарный фонд времени.

Экстенсивные ресурсы предельно максимизируются при условии

$$F_{\text{эф2}} \rightarrow F_{\text{к}} \text{ и } K_{\text{эф}} \rightarrow 1.$$

ОЦ по технологическим возможностям и по стоимости – уникальные станки. Такое оборудование по зарубежным источникам при годовом календарном фонде времени 8400 часов необходимо эксплуатировать в 3 смены и, во многих случаях, с непрерывной рабочей неделей. Эффективный фонд рабочего времени станка $F_{\text{эф2}}$ следует довести до 4500 – 6000 часов по штучно-калькуляционному времени (на универсальных станках с ручным управлением и станках с ЧПУ при двухсменной работе этот показатель составляет не более 1400 – 1800 часов).

Трёхсменная загрузка ОЦ и ТОЦ – *радикальный путь* и первое необходимое условие многостороннего повышения эффективности и организованного уровня производства, позволяющий увеличить на 800 – 850% объем выпуска сложных корпусных и других базовых деталей произвольной формы на одном станке типа ОЦ и ТОЦ; обеспечивается реальное (в 30 – 40 раз) сокращение количества используемого универсального оборудования; освобождаются большие производственные площади; пропорционально росту $F_{\text{эф2}}$ повышается фондоотдача и снижается удельная доля амортизационных отчислений в себестоимости на единицу продукции.

Многостаночное обслуживание. В ОЦ и ТОЦ примерно 9/10 времени работы станка проходит без непосредственного участия оператора, его функция – наблюдение, периодический контроль, извлечение готовых деталей и замена заготовок. Машинное и машинно-вспомогательное время (станкоёмкость) обработки заготовки обычно превышают 0,25 – 0,35 часа, что создаёт объективные предпосылки вариантного, многостаночного обслуживания 2– 4 станков ОЦ и ТОЦ. Оборудование расстановливается

группами, в соответствии с требованиями научной организацией труда (НОТ), с минимизацией пути перемещения оператора. Влияние на возможность многостаночного обслуживания оказывает надёжная работа станка, системы ЧПУ, высококачественный, инструмент, автоматическое дробление и удаление металлической стружки из рабочей зоны, механизированное обеспечение заготовками и эвакуация обработанных деталей, надлежащее сервисное обслуживание рабочих мест.

Здесь, на всех стадиях производства, необходимы и оправданы различные активно-стимулирующие формы оплаты труда: за технологическое, производственное и проектное экономическое освоение станков, за рационализацию и совершенствование управляющих программ, за освоение обработки новых деталей, за перевыполнение расчетных норм выработки, за бездефектный выпуск продукции, за максимально-высокий коэффициент загрузки оборудования.

Необходимо создание привилегий персоналу вечерней и ночной смены. Целесообразна организация бригадного подряда с непрерывной многосменной работой.

Необходимо исключить практику ограничения оплаты труда рабочих – операторов определенным, предельным уровнем, в независимости от количества и качества изготовленной продукции.

В исследованиях выполненных за рубежом отмечается, что двухсменная работа повышает прибыль от внедрения станков с ЧПУ и ОЦ, ТОЦ на 25 – 38%, а трёхсменная – ещё на 18 – 27% (большие значения при меньшем числе переналадок) сравнительно с двухсменной.

Срок окупаемости ОЦ и ТОЦ по данным некоторых фирм ФРГ при числе смен 1; 2; 3 и годовом эффективном фонде времени равны соответственно 1700; 3200; 4500 часов составляет соответственно 10; 7 и 5 лет. Эти показатели коррелируют с нашими расчётами.

Подтверждением эффективности использования ОЦ в ночные смены можно считать и то, что на международной выставке в г. Москве «Металло – обработка 2004 г.» более 95% демонстрировавшихся ОЦ оснащаются устройствами для работы по принципу «безлюдной» технологии или для работы в ночные смены с ограниченным персоналом. Эти ОЦ, именуемые «станочными модулями» или гибкими производственными модулями (ГПМ); оснащены накопителями приспособлений – спутников, с установленными на них заготовками, что позволяет осуществить автоматическую подачу и закрепление заготовок в рабочую зону станка для их обработки. Число приспособлений спутников колеблется от 4 до 12 единиц.

Внедрение «безлюдной» технологии (или работы с ограниченным персоналом) требует высокой надёжности оборудования, постоянного автоматического контроля состояния процессов обработки и саморегулирования (адаптации) в соответствии с изменяющимися условиями работы. Такие условия современными высококачественными электронными и механическими элементами автоматики и системы ЧПУ на микропроцессорах обеспечиваются достаточно надёжно [2]. Таким образом,

обуславливается целесообразность и перспективность широкой апробации метода «безлюдной» технологии при работе во вторую и, особенно, в третью смены в ближайшие годы, по мере накопления опыта, обеспечения заказами и полной загрузки оборудования.

Несмотря на очевидную выгоду трёхсменной эксплуатации ОЦ организация этой работы, как показал экспресс анализ, по ряду ведущих предприятий Новосибирска, нельзя признать удовлетворительной. Станки работают в одну смену, у ОЦ большие простои; многие станки законсервированы, что ведёт не к снижению, а резкому возрастанию стоимости выпускаемой продукции в сопоставимых ценах к 1990 году [3]. Излишнее оборудование следует реализовать или обеспечить его полную загрузку.

Совокупное воздействие изложенных выше экстенсивных составляющих (особенно, максимизация использования оборудования по времени, многостаночное обслуживание, плюс дополнительные компоненты рационализации производства) обеспечивают до 2/3 всей экономической эффективности автоматической обработки на основе ОЦ. Это требует особого внимания со стороны менеджеров – пользователей.

Методологически, для достижения перечисленных позитивных результатов, целесообразно использовать системно – целевой подход. На его основе подготовить и реализовать план эксплуатационной подготовки производства станков типа ОЦ и внедрения новых технологий, как это принято выполнять при освоении новых изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шлишевский Б.Э. «Многоцелевые станки с ЧПУ для обработки корпусных деталей и пути повышения их эффективности». М.: ВНИИТЭМР. 1985 год, с. – 64.
2. Каталоги, проспекты и материалы симпозиумов по ОЦ станкостроительных фирм: ОАО «СТЕРЛИТОМАК - М. Т. Е.», ОАО «ИЗТС», ОАО «Красный пролетарий», ОАО «РСЗ» (Россия); Heckler – Koch, Hüller – Hille, Burkhardt und Weher, Maho, F. Werner, Ex – Cell – O. Mauser (ФРГ); Cincinnati Milackron, Kearney + Trecker, HAAS AUTOMATION (США); Oerlikon, Wyssbrod, Wahli (Швейцария); Olivetti, Mandelli (Италия); Mitsui Seiki, Roki – Rorki, Makino, Tayoda, Okuma (Япония); Bridgenort, HURON (Англия). 2002 – 2005 г.
3. Шлишевский Б. Э., Поветкин И.О. «Компоненты повышения эффективности станков с ЧПУ при обработке деталей типа тела вращения». Сборник материалов конференции «Современные проблемы Геодезии и Оптики», Новосибирск, 2003 год, с.- 199, часть 2.