

Л.И. Волчкевич, д.т.н., профессор. МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва
ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЕ СРОКИ ЗАМЕНЫ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Сроки физической пригодности металлорежущих станков, в течение которого они способны функционировать и производить продукцию, отвечающую определенным требованиям, исчисляется порой десятилетиями. Однако экономически такая продолжительность эксплуатации как правило неразумна, поэтому замена станочного оборудования производится по критерию не физического, а «морального» износа.

Сроки подобной замены определяются как правило «по обстоятельствам», в соответствии с конкретной ситуацией.

Общеизвестно, что в процессе длительной эксплуатации, несмотря на все ремонты, происходит процесс старения конструкций, снижается точность выпускаемых изделий, растут ремонтные простои и расходы, частота отказов в работе и т.д. Однако проследить за функционированием станка в течение даже 10-15 лет и тем самым – выявить закономерности – нереально по множеству причин. Поэтому известные научные работы, посвященные целесообразным срокам эксплуатации и замены станочного оборудования, носят в основном концептуальный характер, предлагаемые «математические модели» старения станков, их изнашивания, потери первоначальных свойств и т.д. не конкретизируются. Поэтому научно обоснованные методики и конкретные рекомендации по срокам замены станочного оборудования по существу отсутствуют.

Представленная работа – одна из первых попыток проследить во времени динамику изменения работоспособности станков, их технико-экономических показателей во взаимосвязи.

Основной методический подход заключался в том, что вместо многолетнего отслеживания «поведения» одного или нескольких образцов станков анализу подвергалась весьма значительная выборка станков одной модели с различной длительностью эксплуатации.

В качестве базовой модели были избраны токарно-револьверные автоматы типа 1136 и модификации, которые радикально не отличались от базовой модели. Выбор был обусловлен тем, что станки непосредственно изготавливают из пружинного материала товарную продукцию (болты, винты, шайбы, гайки и т.п.), которая имеет рыночную стоимость. Тем самым несложно оценить в денежных единицах экономические результаты эксплуатации каждого из станков. В качестве базовой детали была выбрана гайка круглая М8×1,5.

Первоначально на заметку было взято более ста действующих станков-автоматов данной модели на нескольких предприятиях, со сроками эксплуатации от одного до тридцати лет. Более «старых» станков на предприятиях обнаружено не было, что позволяет считать 30 лет максимальной длительностью жизненного цикла по критерию физической пригодности.

Далее все взяты на заметку станки были ранжированы по возрастным группам, численность которых оказалась неодинаковой (в некоторых группах оказалось 1-2 образца). Представительными были признаны лишь те группы, где одинаковую длительность эксплуатации имели 5-6 и более станков. Таких групп набралось девять, с длительностью эксплуатации $N = 1,3,5,7,8,11,16,25,28$ лет. Все станки этих групп (а их набралось более 60) были далее подвергнуты испытаниям на геометрическую точность (осевое и радиальное биение шпинделя) и радиальную жесткость шпиндельного узла. По этим результатам в каждой группе был выделен один станок – представитель со средними, типичными для данной возрастной группы характеристиками. По всем этим станкам-представителям были выполнены далее замеры:

- Точности обработки (по наиболее ответственному параметру);
- Режимов резания и типовой длительности рабочего цикла для детали-представителя (круглой гайки);
- Относительной длительности пребывания в режимах эксплуатации или ремонта в течение года;
- Относительного времени работы и простоев в периоды эксплуатации (в течение двух-трех недель), с учетом всех видов технических и организационных простоев;
- Годовой величины дохода, полученного от эксплуатации данного станка;
- Годовых затрат на содержание станка с учетом всех категорий прямых затрат индивидуальным счетом.

Добавленная стоимость оценивалась вычитанием из оптовой цены годового выпуска налогов, стоимости пружинного материала, а также затрат на остальные необходимые операции.

Динамика изменения всех показателей во времени представлена на рис. 1-5.

Важнейшим показателем, по которому производился контроль и отбраковка круглых гаек, является отклонение от перпендикулярности базового торца гайки по отношению к ее резьбовой оси, допуск – 60 мкм.

Как видно по рис. 1, в первые годы эксплуатации эти отклонения не превышали 20-25 мкм, далее следовало ухудшение, и после девяти лет эксплуатации допустимые значения уже не выдерживались. Однако введением дополнительной весьма несложной операции «доработки» (торцовки) удалось выдерживать перпендикулярность конечной продукции на уровне около 40 мкм независимо от сроков эксплуатации токарно-револьверных автоматов. Остальные параметры даже у станков с длительностью эксплуатации 25-28 лет выдерживались, что подтвердило предварительные оценки сроков физической пригодности (жизненного цикла эксплуатации).

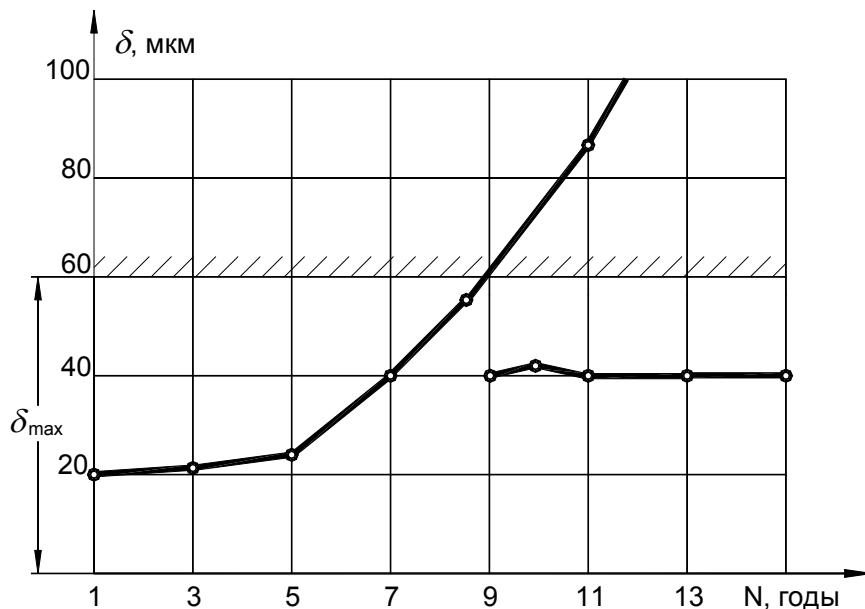


Рис. 1. Отклонение от перпендикулярности торцов изделий в станках с различными сроками эксплуатации.

На рис. 2 приведены данные по относительным показателям использования станков во времени для различных сроков эксплуатации. Величина η_p характеризует относительное время пребывания станков в режиме эксплуатации в течение календарного года. Как видно, у новых станков ($N = 1-2$ года) режим эксплуатации составляет $\eta_p = 0,95$ номинального фонда, в ремонте станки пребывают не более 5% (аварийные ремонты).

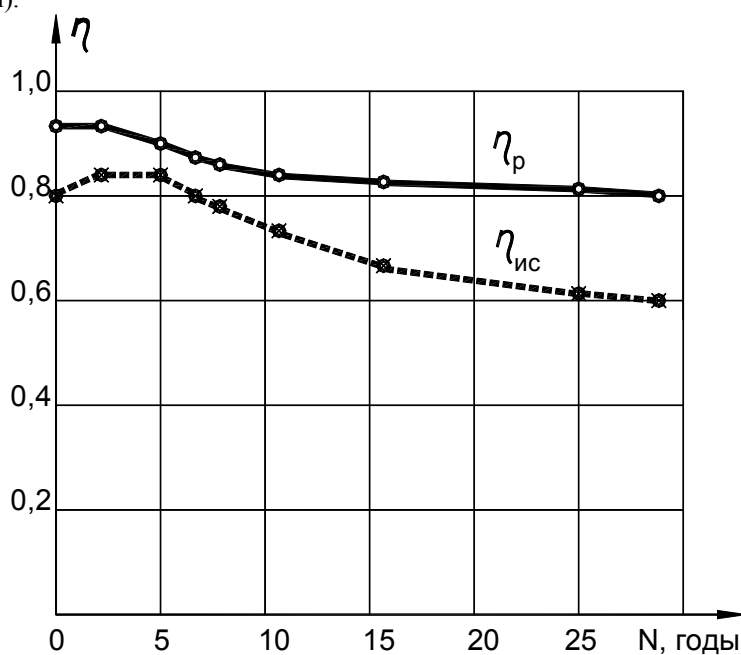


Рис. 2. Показатели использования станков во времени

Однако при большой длительности эксплуатации ($N = 25-28$ лет) станки находятся в эксплуатации не более 80% фонда времени, а до 20% выведены из эксплуатации и находятся в ремонте.

В режиме эксплуатации станки также дают убывающую отдачу. При вводе в эксплуатацию коэффициент полезного использования во времени ($\eta_{ис}$) составляет 0,8 (следовательно простои по любым причинам только 20%). В течение нескольких лет этот показатель даже улучшается (происходит освоение конструкции, накапливается опыт у наладчиков и т.д.), но в дальнейшем отказы механизмов и устройств, их разрегулирование и т.д. учащаются, в итоге изношенные станки работают не более 60% планового фонда времени, а 40% составляет наладка и подналадка, замена инструмента очистка от стружки, устранение внезапных отказов и разумеется организационные простои (несвоевременный приход и уход рабочих, отсутствие материала и т.д.).

В итоге, с учетом обоих факторов время полезной отдачи станков (годового выпуска и годового дохода) неуклонно снижается. Если принять эту отдачу (цену выпущенной продукции Π) в период освоения и пуска за единицу (рис. 3), то к 28 годам она едва достигает 0,6 от первоначального. Наблюдается и занижение режимов резания, а следовательно – номинальной (без учета простоев) производительности. Как видно из рис. 3, это занижение режимов отмечено было дважды.

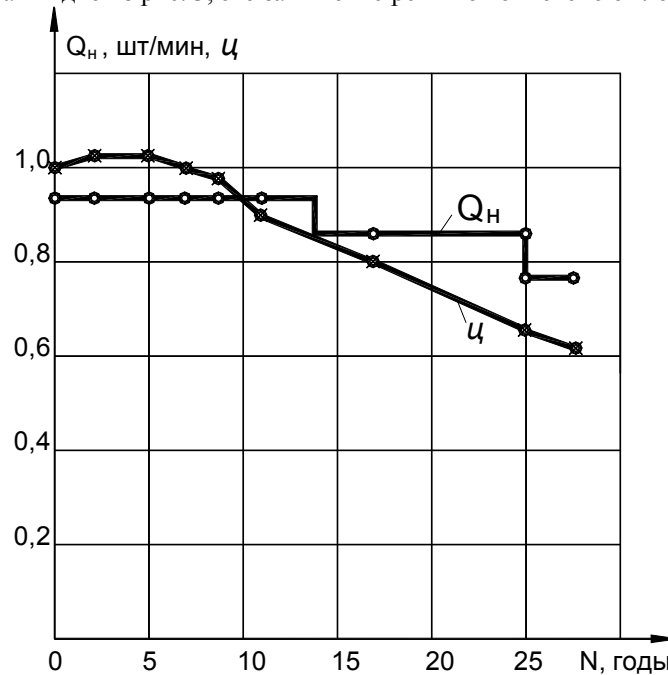


Рис. 3. Изменение номинальной производительности (Q_n) и годовых расходов (Π) во времени.

Основные результаты проведенных исследований приведены на рис. 4, где в едином масштабе показаны годовые доходы и затраты на эксплуатацию (содержание) станков для различных сроков их службы.

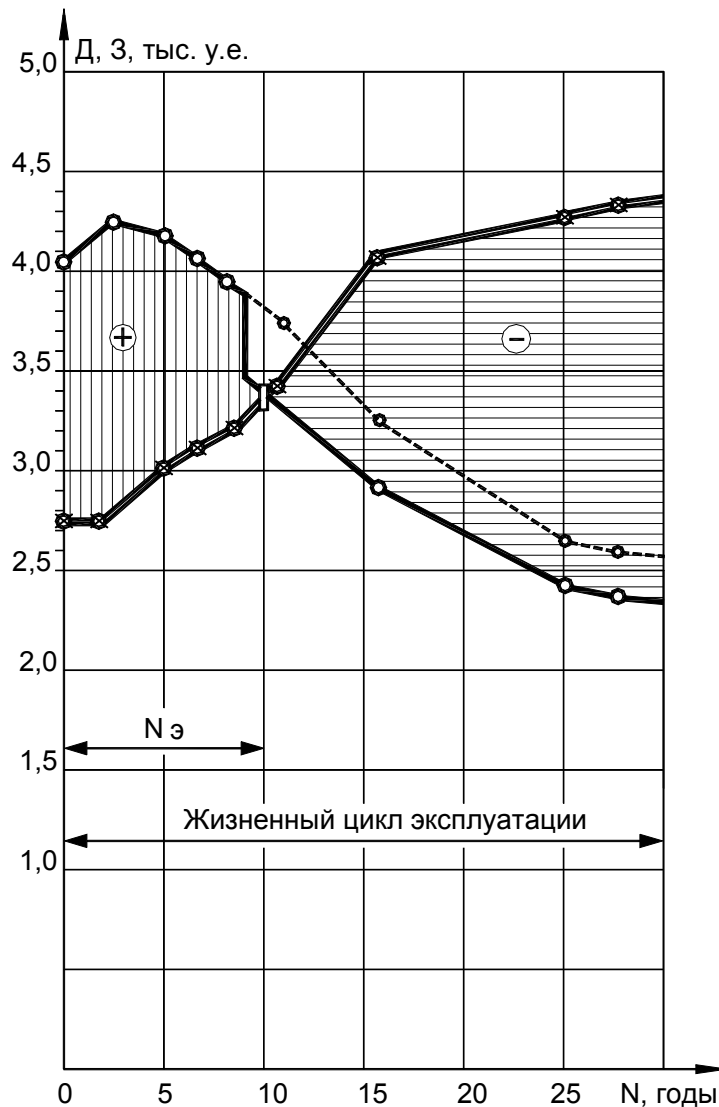


Рис. 4. Годовые доходы и затраты при эксплуатации станков во времени.

Краткое пояснение. Доход (Д) от эксплуатации станка рассчитывался как добавленная стоимость вычитанием из отпускной цены годового выпуска продукции стоимости пруткового материала, расходов на другие операции и общецеховых расходов, отнесенных на данный станок. Годовые эксплуатационные затраты складывались из стоимости инструмента и электроэнергии, производственной зарплаты, амортизационных отчислений на восстановление стоимости, годовых фактических ремонтных затрат.

Условные единицы (У.Е.) не отражают конкретную валюту, а служат лишь мерой соотношения затрат (это неизбежно, так как отражены доходы и затраты в конкретный период исследования, но с тех пор цены многократно менялись).

Диаграмма рис. 4 весьма показательна. В первые годы эксплуатация станков является высокоэффективной (доходы значительно превышают необходимые затраты), но очень быстро годовые доходы начинают существенно сокращаться (из-за сокращения выпуска), а эксплуатационные затраты – расти (из-за удорожания ремонта).

Двойная линия доходов после $N = 9$ лет отражает стоимость дополнительной операции (доработки гаек по базовому торцу), что эквивалентно снижает доходы от операций, выполняемых на токарно-револьверном автомате.

Как видно, после десяти лет эксплуатация токарно-револьверных автоматов становится убыточной, а к 25-28 годам доходы покрывают затраты не более чем на 60%. Кстати, эти цифры явились весьма неожиданными как для участников настоящей работы, так и производителей.

Таким образом, экономически целесообразные сроки службы токарно-револьверных автоматов даже при замене их идентичными конструкциями не должны составлять более десяти лет. Однако сроки эти могут быть сокращены еще больше.

Если внимательно проанализировать диаграмму рис. 4, можно рассчитать, что замена новым станком проработавшего 10 лет окупится за 4 года, т.е. сумма годовых эксплуатационных выгод за четыре года достигнет стоимости нового станка. Результаты расчетов обобщены в диаграмме рис. 5. Как видно, замена станка, проработавшего 11 лет, окупится уже через 3,5 года, пятнадцатилетнего – за 2,5 года.

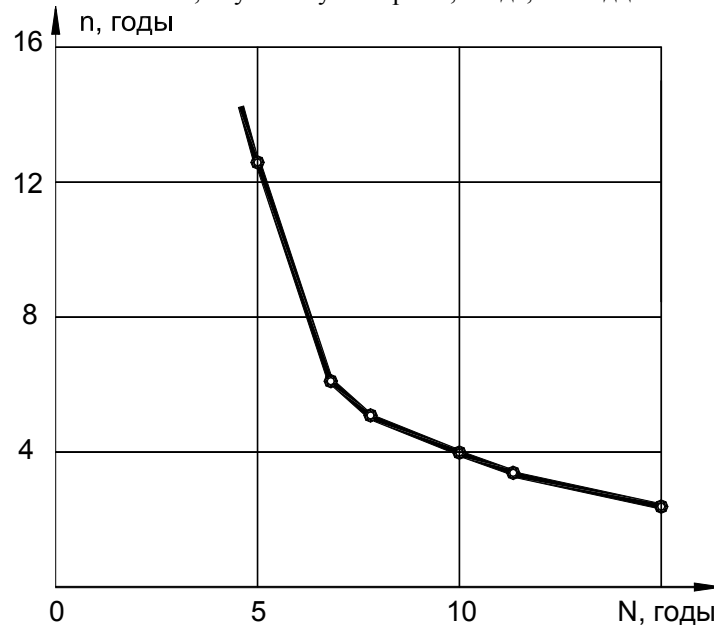


Рис. 5. Сроки окупаемости капитальных затрат по замене станков с различной длительностью эксплуатации

Изложенные подходы могут быть использованы при анализе оптимальной сменяемости средств производства самого различного функционального назначения, например, в пищевой, медицинской, кондитерской промышленности, а также на транспорте (грузовые автомобили, автобусы и т.п.).

Можно ожидать, что предельные сроки сменяемости 8-10 лет являются объективными для весьма широкого диапазона средств производства.

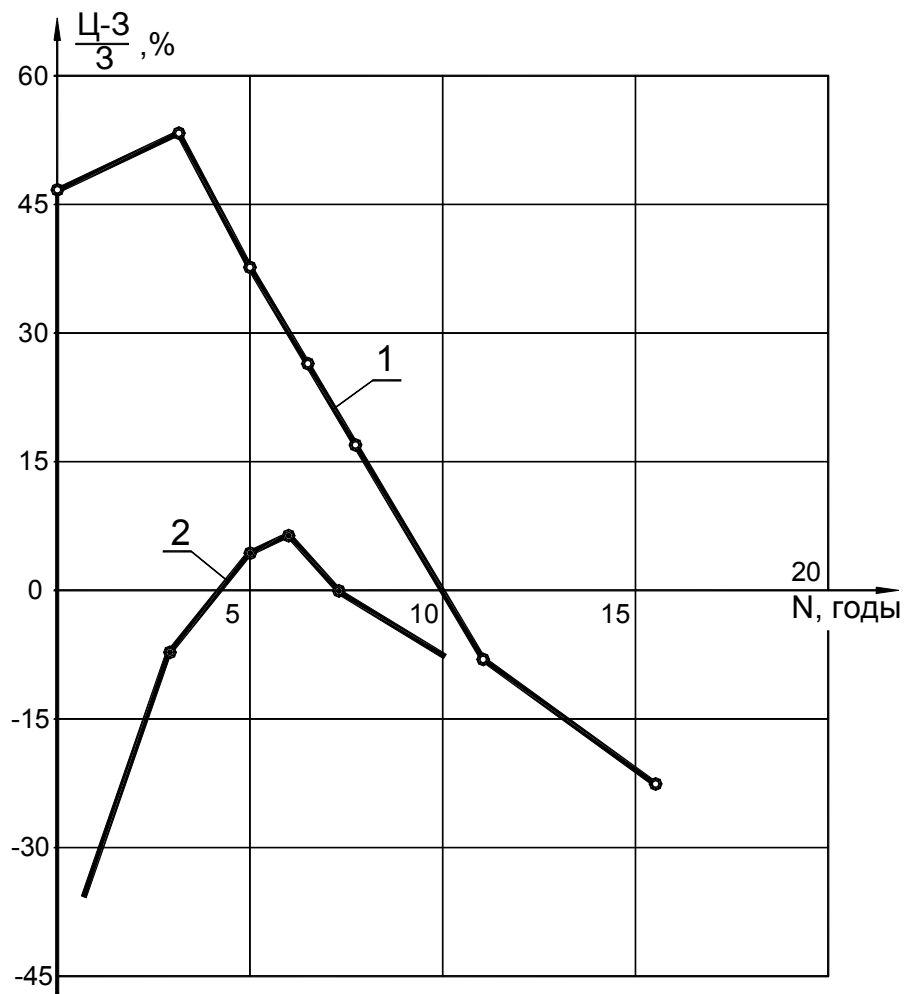


Рис. 6. Относительные доходы при эксплуатации станков:
 1 – без регламентации сроков службы;
 2 - с регламентацией сроков службы.