

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ В МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Вяткин А.А., Вяткин А.Г.

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Москва, Россия*

Ключевые слова: оптимальный размер партии, переналаживаемые системы, групповая обработка, производственная эффективность, штучное время.

Аннотация. В статье рассматривается проблема определения оптимального размера партии деталей. Сообщается, что ключевым фактором повышения производительности является сокращение вспомогательного времени через внедрение гибких переналаживаемых систем оснастки. Применение предварительно подготовленных переналаживаемых приспособлений позволяет эффективно организовать гибкое производство. Представлена математическая модель расчета времени выполнения операции в зависимости от количества переналадок и размера партии. Подчеркивается важность нахождения баланса между затратами на переналадку и складскими расходами для оптимизации эффективности производства.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL BATCH SIZE OF PARTS IN MULTI-PRODUCT MANUFACTURING

Vyatkin A.A., Vyatkin A.G.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Keywords: optimal batch size, changeable systems, group processing, production efficiency, piece time.

Abstract. The article addresses the problem of determining the optimal batch size for parts. It is reported that the key factor in improving productivity is the reduction of auxiliary time through the implementation of flexible adjustable tooling systems. The use of pre-prepared adjustable fixtures enables the effective organization of flexible production. A mathematical model is presented for calculating the operation time depending on the number of changeovers and batch size. The importance of finding a balance between changeover costs and inventory expenses is emphasized to optimize production efficiency. This balance is crucial for achieving optimal production performance in modern manufacturing environments. The research highlights that flexible and adjustable tooling systems play a pivotal role in enhancing productivity by minimizing auxiliary time. By utilizing such systems, manufacturers can streamline their production processes and improve overall efficiency.

Ключевым фактором роста производительности в современном машиностроении является сокращение вспомогательного времени через внедрение гибких переналаживаемых систем оснастки [1]. Применение предварительно подготовленных переналаживаемых приспособлений позволяет решить важнейшую задачу организации гибкого производства.

Диверсификация производства создает значительные сложности при изготовлении широкой номенклатуры изделий малыми партиями. Это приводит к необходимости частой переналадки оборудования, что существенно влияет на общую эффективность производства [2].

Время выполнения операции складывается из штучного времени и так называемого, подготовительно-заключительного:

$$t = t_{шт} + T_{пз},$$

где $t_{шт}$ – штучное время; $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время

Штучное время тратится, собственно, на изготовление детали, подготовительно-заключительное на выполнения действий, связанных с подготовкой выполнения операции, к которым относится наладка или переналадка оборудования и оснастки. Необходимо отметить, что время переналадки распределяется на все детали в партии, то есть чем меньше размер партии, тем большая доля времени переналадки приходится на одну деталь, следовательно, увеличивается время выполнения операции. Откуда следует вывод, чем больше размер партии, тем меньше издержки, связанные с переналадкой.

Однако, работа крупными партиями имеет кроме преимуществ и недостатки, к которым можно отнести:

- увеличение складских затрат на хранение;
- рост трудозатрат на логистику;
- риск устаревания запасов;
- снижение гибкости производства;
- возможное ухудшение качества при длительном хранении.

Поэтому возникает проблема определения оптимального размера партии деталей. Особенно эта проблема проявляется при малом объеме обрабатываемых деталей.

Предположим, что за год необходимо изготовить $N=1200$ деталей, можно сразу обработать все детали за один раз с одной переналадкой или разделить требуемый годовой объем на 12 месяцев, то есть каждый месяц обрабатывается $n = \frac{N}{12} = \frac{1200}{12} = 100$ деталей, что означает обработка всего годового объема выполняется с 12 переналадками.

В первом случае время переналадки делится на $N=1200$ ($T_{пз} = \frac{T_{нал}}{N}$), где

$T_{нал}$ – время наладки, во втором случае на $n=100$ ($T_{пз} = \frac{T_{нал}}{n}$) или во втором

случае время, связанное с переналадкой, приходящееся на одну деталь в 12 раз больше, чем для первого случая. Тогда время выполнения операции можно определить следующим образом: $t = t_{шт} + \frac{kT_{нал}}{n}$, где k – количество переналадок при обработке всего объема выпуска (N), с учетом того, что размер партии (n) определяется следующим образом $n = \frac{N}{k}$, получим

окончательную формулу: $t = t_{шт} + \frac{k^2 T_{нал}}{N}$.

Используя эту формулу и принимая $t_{\text{шт}} = 5$ мин, $T_{\text{нал}} = 180$ мин, $N = 1200$ деталей, рассчитано время выполнения операций с разным количеством переналадок (разной величиной партии). Результаты расчетов представлены в виде графиков зависимости времени выполнения операции от количества переналадок на рисунке 1.

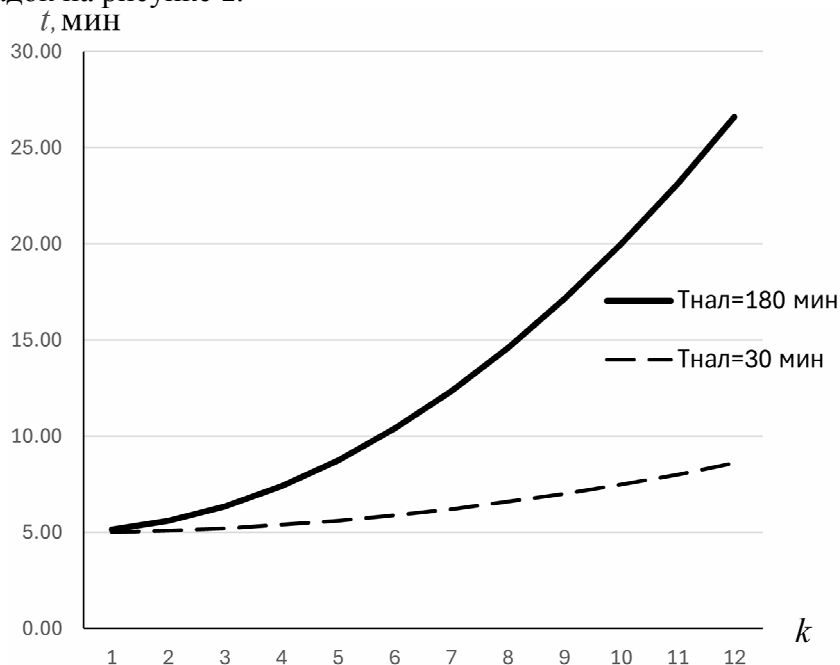


Рис. 1. Зависимость времени выполнения операции от количества переналадок

Традиционная проблема заключается в том, что около 60% времени переналадки уходит на настройку приспособлений [3]. Для оптимизации процесса предприятия часто увеличивают размер партий, чтобы снизить влияние времени переналадки на общую производительность.

Эффективное решение заключается в поиске баланса между затратами на переналадку и складские расходы. При сокращении времени переналадки до минимума работа мелкими партиями становится экономически целесообразной.

Групповая обработка деталей в сочетании с переналаживаемыми приспособлениями позволяет:

- длительно закреплять оснастку на станках;
- ограничиваться только сменой наладок;
- существенно сокращать вспомогательное время;
- снижать затраты на наладку в 4-5 раз.

Современные решения позволяют одним базовым агрегатом с комплектом сменных наладок заменить до десятка специализированных приспособлений, что делает технологию особенно привлекательной для мелкосерийного производства.

Список литературы

1. Бысов С.А., Вяткин А.Г., Юхимец Р.М. Анализ использования технологических возможностей металлорежущего и сборочного оборудования // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – №7-3. – С. 39-42.
2. Малышев Е.Н., Калмыков В.В. Обеспечение переналаживаемости бункерных загрузочных устройств // Инженерный вестник. – 2013. – №9. – С. 1-5.
3. Карпусь В.Е., Иванов В.А. Универсально-сборные переналаживаемые приспособления // Вестник машиностроения. – 2008. – №11. – С.46-50.

References

1. Bisov S.A., Vyatkin A.G., Uhimec R.M. Analysis of Utilization of Technological Capabilities of Metal-Cutting and Assembly Equipment // Current Trends in Science and Technology Development. 2015, no. 7-3, pp. 39-42.
2. Malishev E.N., Kalmikov V.V. Ensuring Changeover Capability of Hopper Loading Devices // Engineering Bulletin. 2013, no. 9, pp. 1-5.
3. Karpus V.E., Ivanov V.A. Universal Modular Reconfigurable Fixtures // Mechanical Engineering Bulletin. 2008, no. 11, pp. 46-50.

Вяткин Андрей Андреевич – старший преподаватель кафедры МК4 «Инженерная графика»	Vyatkin Andrey Andreevich – senior lecturer of the Department of technical drawing MK4
Вяткин Андрей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры МК1 «Технология машиностроения»	Vyatkin Andrey Gennadievich – candidate of technical sciences, associated professor, Department of mechanical engineering technologies MK1
a-vyatkin@bmstu.ru	

Received 18.12.2025