

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 658.512.4

В. А. Домбрачева, аспирант;
А. Н. Домбрачев, кандидат технических наук, доцент;
Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета
А. И. Коршунов, доктор технических наук, профессор
Ижевский государственный технический университет

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ*

Рассматриваются некоторые пути повышения эффективности машиностроительного производства, анализируются показатели эффективности технологических маршрутов обработки и технологических процессов, особенности основных типов производства.

Ключевые слова: этапы обработки детали, показатели эффективности технологического процесса, типы производства

Повышение эффективности машиностроительного производства может достигаться за счет совершенствования управления или внедрения эффективного менеджмента [1]. Суть эффективного менеджмента заключается в такой организации управления предприятием, чтобы свести к минимуму издержки или максимизировать результаты деятельности. Здесь можно выделить две составляющие: экономическую и социальную. К показателям, характеризующим экономическую составляющую, можно отнести экономический эффект, отражающийся на росте прибыли, снижении издержек, повышении качества и т. д. Под социальной составляющей следует понимать повышение удовлетворенности работников от выполняемой работы, улучшение условий труда, повышение благосостояния работников.

Также следует отметить, что рядом авторов [2–4] выделяются два основных пути совершенствования хозяйственного механизма управления:

1) организационно-экономический путь основан на четкой регламентации функций и ответственности работников, а также создании условий для заинтересованности каждого работника в устойчивом и качественном функционировании производства;

2) автоматизация управления подразумевает комплексное использование экономико-математических методов и средств вычислительной техники в процессе управления.

Кроме того, в качестве одного из условий повышения эффективности машиностроительного производства можно выделить формирование наиболее рациональных технологических маршрутов изготовления деталей и оптимизацию вариантов технологических процессов. В данном случае речь идет об использовании различных автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП).

Как известно, технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению состояния предмета труда [5]. В свою очередь, технологический маршрут представляет собой последо-

© Домбрачева В. А., Домбрачев А. Н., Коршунов А. И., 2010

* Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации НШ-64570.2010.8.

вательный список операций, необходимых для производства какого-либо изделия (детали). Технологический маршрут обработки конкретной детали традиционно делится на ряд этапов, среди которых основными являются [6]: черновая, получистовая, чистовая, финишная.

Черновая обработка предусматривает удаление некоторой массы материала и приближение формы заготовки к конечной форме предполагаемой детали. Полу-чистовая и чистовая обработки необходимы для придания конструктивным элементам детали окончательной формы в соответствии с заданными допусками. В свою очередь, финишная обработка, как правило, применяется в случае, когда в конструкторской документации указаны повышенные требования к точности размеров и шероховатости поверхности; при этом она зачастую выполняется при помощи различных методов шлифования, полирования и доводки.

Эффективность технологических процессов оценивают с помощью таких показателей, как трудоемкость, технологическая себестоимость, точность, а также устойчивость и надежность. Следовательно, эффективным будет представляться такой технологический процесс, где значения вышеперечисленных показателей будут оптимальны [7–9]. Рассмотрим более подробно указанные выше показатели.

Одним из наиболее простых для анализа показателей является трудоемкость. Под трудоемкостью следует понимать количество времени, необходимое для изготовления определенного изделия при использовании конкретного технологического процесса [10]. Численно ее значение можно определить с применением опытно-статистического или расчетно-аналитического методов нормирования труда. Первый метод основан на анализе статистических данных о выполнении норм времени, необходимых на реализацию технологических операций. При этом он не ориентирован на стимулирование роста производительности труда, а также, в силу своей сущности, вместе с возможными достигнутыми успехами имеет тенденцию покрывать организационно-технические проблемы, имеющиеся на предприятии. При использовании второго метода осуществляется анализ операций по составляющим их элементам и определяется продолжительность отдельных операций в целом. Расчетно-аналитический метод считается более точным по сравнению с опытно-статистическим, однако исследования, которые бы позволили научно обоснованно доказать преимущества одного из указанных методов, до настоящего времени широкомасштабно не проводились. Следует отметить, что расчетно-аналитический метод в случае частой смены производственной номенклатуры оказывается экономически невыгодным вследствие больших затрат на оценку трудоемкости изготовления конкретной детали или изделия [9, 10].

Трудоемкость технологического процесса складывается из трудоемкостей отдельных технологических операций, определяющихся в виде суммы следующих величин [11]: основное технологическое время; вспомогательное время; время технического обслуживания; время, затрачиваемое на организационное обслуживание рабочего места и станка, получение сменного задания; время, затрачиваемое на отдых и личные надобности исполнителя.

Если детали изготавливаются партиями, то к расчетной трудоемкости добавляется время на наладку и подналадку оборудования, называемое подготовительно-заключительным временем. В таком случае норма времени на выполнение операции будет называться штучно-калькуляционным временем и представлять собой отношение суммы штучного и подготовительно-заключительного времени к объему партии деталей [12, 13].

Важным экономическим показателем является технологическая себестоимость. Для определения абсолютной величины экономии необходимо для каждого из сравниваемых вариантов технологических процессов осуществлять расчет себестоимости, что, безусловно, будет достаточно сложным процессом, требующим большого количества исходных данных и времени. Сокращения трудоемкости расчета себестоимости сравниваемых технологических процессов можно добиться путем определения так называемой технологической себестоимости [14], обеспечивая при этом необходимую точность. Предполагается, что технологическая себестоимость будет учитывать только те элементы, себестоимость которых различна для каждого из сравниваемых вариантов. Таким образом, элементы с фиксированной или незначительно изменяющейся величиной включать в расчет просто не имеет смысла. Отсюда следует, что технологическая себестоимость представляет собой условную себестоимость с непостоянным составом статей, который устанавливается в каждом отдельном случае [15].

Если сравнивать технологические себестоимости разных вариантов реализации технологического процесса, можно получить представление об экономичности каждого из них. Также нужно иметь в виду, что величина технологической себестоимости изготовления отдельной детали будет изменяться в зависимости от объема производства. Поэтому затраты на изготовление деталей можно разделить на переменные, величина которых прямо пропорциональна объему выпуска продукции, и условно-постоянные, где величина объема производства практически не влияет на их размер.

Некоторые авторы [15, 16] отмечают, что к переменным затратам следует отнести: затраты на основные материалы за вычетом реализуемых отходов; затраты на топливо, предназначенное для технологических целей; затраты на различные виды энергии, предназначенные для технологических целей; затраты на основную и дополнительную заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями в фонд социальной защиты населения, фонд занятости и чрезвычайный налог; затраты, связанные с эксплуатацией универсального технологического оборудования; затраты, связанные с эксплуатацией инструмента и универсальной оснастки, в то время как к условно-постоянным затратам можно отнести затраты, связанные с эксплуатацией оборудования, оснастки и инструмента, специально сконструированных для осуществления технологического процесса по данному варианту, а также затраты на оплату подготовительно-заключительного времени.

Таким образом, технологическая себестоимость операции будет равна сумме произведения переменных затрат и объема выпуска продукции с условно-постоянными затратами.

Обеспечиваемая точность изготовления также имеет большое значение. Под точностью в машиностроении следует понимать степень соответствия геометрических размеров детали, шероховатость ее поверхностей и других параметров заранее установленному образцу. Точность детали означает степень соответствия реальной детали, полученной путем механической обработки заготовки, по отношению к детали, форма, размер, взаимное расположение обработанных поверхностей и их шероховатость соответствуют заданным конструкторским и техническим условиям на изготовление. Из вышеперечисленного следует, что понятие точности является комплексным и включает в себя всестороннюю оценку соответствия реальной детали относительно заданных требований [17, 18].

Существует целый ряд методов достижения точности, применяемых при обработке деталей на металлорежущих станках [19], в том числе: обработка по разметке или с использованием пробных проходов путем последовательного приближения; обработка методом автоматического получения размеров; автоматическая обработка на копировальных станках и станках с числовым программным управлением.

Однако, как известно, несколько деталей, обработанных на одном и том же станке, одинаковым инструментом и с применением одного и того же способа обработки, будут несколько отличаться друг от друга. В данной ситуации это может быть объяснено появлением неизбежных погрешностей обработки, являющихся мерой точности обработанной детали. Известен ряд причин, из-за которых возникают погрешности обработки [20], в том числе: неточности станка и его износ; неточности изготовления, установки и износ режущего инструмента; жесткость системы СПИД; деформация обрабатываемой заготовки; колебания припуска и свойств материала; неточности установки и т. д.

Показатели устойчивости и надежности технологического процесса призваны обеспечить стабильность производства [8, 9]. Оценить устойчивость процесса изготовления можно, основываясь на изучении изменения статистических характеристик текущих малых выборок, т. е. при измерении размеров периодически отбираемых деталей при их изготовлении.

Надежность технологического процесса представляет собой обеспечение полного соответствия технической документации выпускаемых деталей и изделий. Другим способом надежность технологического процесса можно определить как вероятность получения годных деталей и изделий в результате изготовления определенным технологическим процессом. Чтобы проанализировать надежность технологического процесса, необходимо ввести технологическую модель, учитывающую разброс таких технологических параметров, как погрешность размеров, погрешность по физическим параметрам, погрешность контроля, погрешность испытания и других.

Повышение надежности изделий за счет влияния технологического процесса предполагает [21, 22]: применение передовых технологических процессов изготовления; использование типовых и групповых технологических процессов; автоматизацию производственных процессов.

Однако можно выделить еще и такое понятие, как детализация технологического процесса. На данный показатель будет влиять тип производства. Как известно, производство бывает единичным, серийным и массовым [23]. При единичном типе производства технологические процессы разрабатываются по каждому конкретному заказу, причем укрупненно – в виде маршрутных карт. Серийное производство характеризуется тем, что в технологическом процессе предусматриваются порядок выполнения и оснастка каждой операции. В случае же с массовым типом требуется более тщательная разработка технологического процесса (по переходам).

Тип производства представляет собой комплексную характеристику организационных, технических и экономических особенностей производства. Он определяется следующими факторами [24]: номенклатурой выпускаемых изделий; объемом выпуска; степенью постоянства номенклатуры выпускаемых изделий; характером загрузки рабочих мест.

Единичное производство предусматривает малый объем выпуска одинаковых деталей или изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматриваются. При серийном производстве изготовление и ремонт деталей

или изделий осуществляется периодически повторяющимися партиями. Количество изделий в партии подразумевает разделение серийного производства на мелкосерийное, среднесерийное или крупносерийное.

Массовое производство предполагает выпуск большого объема однородных деталей или изделий, которые изготавливаются или ремонтируются на протяжении продолжительного времени, при этом характерным признаком будет выполнение на большинстве рабочих мест одной и той же операции.

Изготовление деталей или изделий обширной номенклатуры на рабочих местах без конкретной специализации характеризует единичное и мелкосерийное производство. При этом данные типы производств должны обладать достаточной гибкостью и быть приспособлены к выполнению различных производственных заказов.

Единичное производство имеет свои особенности [23–25], в числе которых:

- оснащение цехов должно позволять осуществление выпуска деталей или изделий широкой номенклатуры, следовательно, каждый участок должен иметь универсальное оборудование и оснастку;

- производственные участки должны быть построены по технологическому принципу с расстановкой оборудования по однородным группам;

- рабочие должны быть универсалами и обладать достаточно высокой квалификацией, поскольку данный тип производства предусматривает большое разнообразие работ;

- важно осуществлять контроль за продвижением каждой детали по операциям, обеспечивать планомерную загрузку участков и рабочих мест, а также своевременно комплектовать и выполнять заказы;

- возникают трудности в бесперебойном снабжении из-за широкой номенклатуры изготавливаемых деталей или изделий и применения укрупненных норм расхода материалов, что, в конечном итоге, приводит к снижению интенсивности оборота средств.

На тех предприятиях, где преобладает единичное производство, отмечены относительно высокая трудоемкость и значительный объем незавершенного производства, возникающий вследствие больших межоперационных простоев. В структуре себестоимости изделий доля заработной платы занимает значительное место и составляет примерно 20–25 %.

При серийном производстве осуществляется изготовление деталей партиями ограниченной номенклатуры, повторяющимися через определенные промежутки времени. Данная особенность предусматривает совместное использование специального и универсального оборудования. В процессе проектирования технологических процессов следует предусматривать порядок выполнения каждой операции и необходимую при этом оснастку.

Характерными чертами серийного производства являются следующие [23–25]:

- оборудование в цехах расставляется по ходу технологического процесса, что приводит к созданию достаточно простых связей между рабочими местами и созданию предпосылок для организации прямоточных линий;

- обработка партии деталей параллельно на нескольких станках, выполняющих следующие друг за другом операции, следовательно, в условиях данного типа производства становится возможной параллельно-последовательная организация рабочего процесса;

- в зависимости от трудоемкости и объема выпуска закрепленных за участком деталей или изделий применяется та или иная форма организации производствен-

ного процесса (например, при крупносерийном производстве, как правило, имеет смысл организовать переменную-поточную линию, при среднесерийном производстве наблюдается необходимость в участках групповой обработки, в то время как при мелкосерийном типе есть необходимость в создании прямоточного производства).

Для предприятий, специализирующихся на серийном типе производства, характерны значительно меньшие, чем в случае с единичным, трудоемкость и себестоимость изготовления изделий. В серийном производстве, по отношению к единичному, время межоперационных простоев значительно меньше, что снижает объемы незавершенного производства [23–25].

Массовый тип производства характеризуется наивысшей степенью специализации, в рамках данного типа изготавливается большое количество деталей ограниченной номенклатуры. Цеха в данном случае должны быть оснащены оборудованием типа автоматических поточных линий, чтобы почти полностью автоматизировать изготовление деталей. При этом разработка технологических процессов должна осуществляться более тщательно, с учетом всех переходов. Оборудование необходимо располагать в виде цепочки по ходу технологического процесса, а за станком закрепить небольшое количество операций, обеспечивающих наиболее полную загрузку рабочих мест. Также нужно обеспечить поштучную передачу деталей с операции на операцию и специализацию рабочих на выполнении небольшого количества операций.

Отличительной особенностью в данном случае является необходимость поддержания заданного ритма во всех звеньях производства, вследствие чего необходимо с особым вниманием осуществлять:

- организацию межоперационной транспортировки;
- техническое обслуживание рабочих мест;
- постоянный контроль за состоянием режущего инструмента, приспособлений и оборудования.

При массовом производстве обеспечиваются самые высокие показатели загрузки оборудования и производительности труда, а также низкая себестоимость изготовления продукции [26].

Из всех вышеперечисленных наиболее сложными для анализа и оптимизации технологических процессов являются единичный и мелкосерийный типы производства. При современном состоянии машиностроительной отрасли, характеризующейся неустойчивым спросом, постоянным ростом требований к расширению ассортимента продукции, сокращению жизненного цикла изделий, массовое производство, в общем случае, становится экономически нецелесообразным. Ориентируясь на заказы клиентов, предусматривающие конкретные требования к конструкторско-технологическим параметрам изделий и срокам их изготовления, многие предприятия вынуждены переходить к единичному или мелкосерийному типу производства. Эта задача требует, в свою очередь, тщательного анализа переменных затрат, что необходимо для получения гарантированной прибыли от производственной деятельности. К статьям прямых и косвенных затрат, требующим исследования, в первую очередь следует отнести следующие показатели:

- заработная плата рабочих;
- стоимость металлорежущего оборудования;
- расход режущего инструмента.

Проведенный анализ позволил выявить основные достоинства и недостатки используемых в настоящее время методов оценки эффективности технологических

маршрутов механической обработки деталей машиностроения. На основе полученных результатов планируется разработать математическую модель, учитывающую выявленные показатели, и создать методику, обеспечивающую прогнозирование и учет затрат на производство (изготовление) деталей в условиях единичного и мелкосерийного производства на предприятиях машиностроения.

Список литературы

1. Друкер П. Эффективное управление : пер. с англ. – М. : АСТ ; Астрель ; Ермак, 2004. – 284 с.
2. Федорова Н. А. Условия реализуемости стратегии управления предприятием : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.28. – М., 2000. – 197 с.
3. Штрикунова М. М. Разработка метода создания эффективных структур вычислительных комплексов в составе автоматизированных информационных систем в промышленности : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.28, 08.00.05. – М., 2000. – 204 с.
4. Красильников Е. А. Совершенствование организации промышленного производства на базе информационных систем : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.28. – Иваново, 1999. – 178 с.
5. ГОСТ 3.1109–82. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. – М. : Изд-во стандартов, 1982. URL: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/11/11617/index.php (дата обращения: 02.11.2010).
6. Мельников Н. Ф., Бристоль Б. Н., Дементьев В. И. Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1977. – 326 с.
7. Горанский Г. К., Бендерова Э. И. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства. – М. : Машиностроение, 1981. – 456 с.
8. Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для машиностроит. вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.
9. Научная организация труда в машиностроении / И. М. Разумов, С. В. Смирнов, С. А. Косилов [и др.]; под ред. И. М. Разумова, С. В. Смирнова. – М. : Высш. шк., 1978. – 344 с.
10. Юркова Т. И., Юрков С. В. Экономика предприятия : конспект лекций. – Красноярск : Гос. акад. цв. металлов и золота, 2001. – 109 с.
11. Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования / Минстанкопром СССР, ЭНИМС. – М. : Машиностроение, 1988. – 672 с.
12. Генкин Б. М. Нормирование труда по обслуживанию оборудования: (Многостаноч., наладоч., ремонт. работы, гиб. произв. системы) : учеб. пособие по спец. 1753 «Орг. и нормирование труда» / Ленингр. инж.-экон. ин-т им. Пальмиро Тольятти. – Л., 1987. – 79 с.
13. Генкин Б. М. Оптимизация норм труда. – М. : Экономика, 1982. – 200 с.
14. Богомолова Г. Н., Лобанова Г. А. Методические указания по выполнению курсовой работы по курсу «Организация, планирование и управление предприятием» и экономической части дипломных проектов (для студентов специальностей 2201, 2203, 2204). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2000. – 30 с.
15. Новицкий Н. И. Организация и планирование производства : практикум. – Минск : Новое знание, 2004. – 256 с. URL: <http://uploadbox.com/files/ad5f20e8be> (дата обращения: 02.11.2010).
16. Организация, планирование и управление предприятием машиностроения : учеб. для студентов машиностроит. специальностей вузов / И. М. Разумов, Л. А. Глаголева, М. И. Ипатов и др. – М. : Машиностроение, 1982. – 544 с.
17. Буланов В. В. Точность в машиностроении. Методы достижения точности. URL: <http://www.gelezyaka.ru/articles/?id=31> (дата обращения: 02.11.2010).

18. *Данилевский В. В.* Технология машиностроения : учеб. для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1972. – 544 с.
19. Основы технологии машиностроения : учеб. для машиностроит. специальностей вузов / В. С. Корсаков, В. М. Кован, А. Г. Косилова и др. ; под ред. В. С. Корсакова. – 3-е изд., доп. и перераб. – М. : Машиностроение, 1977. – 416 с.
20. *Барсов А. И.* Технология инструментального производства : учеб. для машиностроит. техникумов. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Машиностроение, 1975. – 272 с.
21. *Митрофанов С. П.* Групповая технология машиностроительного производства : моногр. : в 2 т. Т. 1. Организация группового производства. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 407 с.
22. *Митрофанов С. П.* Научные основы групповой технологии. – Л. : Лениздат, 1959. – 436 с.
23. *Маталин А. А.* Технология машиностроения : учеб. для машиностроит. вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.
24. *Ребрин Ю. И.* Основы экономики и управления производством : конспект лекций. – Таганрог : Изд-во Таганрог. гос. радиотехн. ун-та, 2000. – 145 с.
25. Организация производства и управление предприятием : учеб. / О. Г. Туровец, М. И. Бухалков, В. Б. Родионов и др. ; под ред. О. Г. Туровца. – 2-е изд. – М. : Инфра-М, 2005. – 544 с.
26. *Vazan, P., Schreiber, P., Tanuška, P.* The usage of simulating optimization in determination of large manufacturing systems // Proceedings of 39th Spring International Conference MOSIS'05 Modelling and Simulation of Systems, Ostrava, CZ, MARQ, 2005. – Pp. 309–312. – ISBN 80-86840-10-7.

* * *

V. A. Dombracheva, Postgraduate Student, Votkinsk Branch of Izhevsk State Technical University

A. N. Dombrachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Votkinsk Branch of Izhevsk State Technical University

A. I. Korshunov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University

Analysis of Methods of Evaluating Efficiency of Machining Process Routes for Engineering Parts

Some ways to improve efficiency of engineering production are considered. The process performance indicators and features of production types are analyzed.

Keywords: machining process stages, process performance indicators, production types

Получено 02.11.10