

**В.Н. Батури**, канд. техн. наук, доц.

**Д.В. Батури**, аспирант

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ

УДК 621:658.512

## **К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

*В статье представлена методика обоснования выбора технологических решений по уровням доходности, затратности и прибыльности. Эта методика может эффективно применяться в многоменклатурных производствах. Дан пример обоснования.*

**Ключевые слова:** технологическое решение, уровень затратности, уровень доходности, уровень прибыльности.

**V.N. Baturin**, Cand. Sc. Engineering, Assoc. Prof.

**D.V. Baturin**, P.G.

## **THE RATIONALE FOR CHOOSING TECHNOLOGY SOLUTIONS**

*The paper presents the rationale for choosing technology solutions according to the rate of return, investment and profitability. This technique can be effectively used in multiproduct manufacture. The example of the study is given in the article.*

**Key words:** technology solution, the rate of investment, the rate of return, the rate of profitability.

Изменения материальных объектов могут быть природными и происходить как независимо от желания человека, так и целенаправленно по воле человека. Такое изменение является управляемым процессом (технологическим). Рассмотрим примеры из машиностроения. Например, человеку необходима деталь с заданными размерами, точностью и свойствами. Это зависит от ее служебного назначения. Нужны объекты, которые могут использоваться в качестве исходных, – заготовки. В современных условиях при изготовлении деталей машин ими могут быть металлические болванки из проката, отливки, поковки, сварные заготовки и др. Предварительно их изготавливают в заготовительных цехах. Для получения детали необходима их дальнейшая обработка на разных станках, при необходимости термообработка, покрытия, многократные замеры, разметка, опиливание, зачистка и многое другое.

Под технологическим процессом будем понимать управляемый процесс перехода объекта из *исходного* состояния 1 в *заданное* состояние 2 (рис. 1).

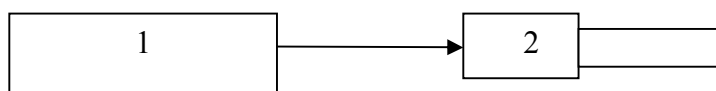


Рис. 1. Технологический процесс

При проектировании технологического процесса технолог может использовать множество решений, которые отличаются видом используемой заготовки, технологией механической обработки, применяемым оборудованием и средствами технологического оснащения. Задача оптимизационная и сложная: существует множество критериев оптимизации (время изготовления, масса исходного материала и его отходы, стоимостные расходы и т.д.). Ведут себя критерии по-разному. Единого критерия нет. Часто при переходе от одного технологического решения к другому одни критерии улучшаются, а другие ухудшаются. В конкретной ситуации на первое место ставят один из критериев. Он играет роль целевой функции. По нему технолог должен ориентироваться для обоснования технологического решения. От грамотного подхода к этому зависит результат.

Целью производства изделий является получение максимальной прибыли, которая покрывает производственные расходы, идет на его развитие, на бизнес, социальные нужды и на повышение уровня жизни сотрудников предприятия.

Производственные расходы связаны с задействованными для производства ресурсами. К основным ресурсам относятся: *оборудование* (станки, молоты, прессы, литейные машины, ...); *приспособления* (станочные, инструментальные, вспомогательные, измерительные); *инструменты* (режущие, вспомогательные, измерительные); площади, людские ресурсы, энергия, сырье и др.

Рассмотрим структуру основных экономических показателей технологического решения (технологического процесса) на примере производства деталей в машиностроении.

1. *Время, затрачиваемое на изготовление детали (T, ч).*

2. *Денежные средства на изготовление детали (себестоимость C, руб.).*

К наиболее весомым слагаемым себестоимости изготовления детали относятся:

1) расходы на материал изделия ( $C_{\text{мат.}}$ , руб.);

2) расходы на электрическую энергию ( $C_{\text{э}}$ , руб.);

3) расходы на заработную плату рабочим ( $C_{\text{зп}}$ , руб.);

4) расходы на используемое оборудование, которые включают: расходы на амортизацию ( $C_{\text{а}}$ , руб.); расходы на тех. обслуживание оборудования ( $C_{\text{р}}$ , руб.);

5) расходы на используемый инструмент ( $C_{\text{и}}$ , руб.).

3. *Прибыль от реализации изготовленных изделий. Ее можно классифицировать следующим образом:*

1) прибыль, отнесенная к изделию ( $\Pi_1$ , руб./шт.);

2) прибыль, отнесенная ко времени изготовления изделия ( $\Pi T_1$ , руб./ч).

Рассмотрим, как изменяются эти показатели на примере представленной ниже задачи. Проанализируем полученные результаты и сделаем общие выводы по вопросам обоснования технологических решений. Кроме того, установим, какой из вариантов технологического процесса является лучшим. Используемый подход к анализу результатов данной *технологической* задачи может быть использован для производств разных отраслей хозяйства.

Таблица 1

Исходные данные

| № | Наименование показателя   | Ед. изм. | Значение показателя  |                   | Резюме                   |
|---|---|----------|----------------------|-------------------|--------------------------|
|   |   |          | Вариант 1            | Вариант 2         |                          |
|   | Оборудование  |          | Универсальные станки | Программный центр |                          |
|   | Количество станков  | шт.      | 4                    | 1                 | Сократилось на 3         |
| 1 | Время механической обработки детали (T)   | ч        | 2                    | 0,25              | Снизилось в 8 раз        |
| 2 | Количество обрабатываемых деталей в год (N)   | шт.      | 1000                 | 1000              | Без изменения            |
| 3 | Стоимостные расходы на производство (себестоимость механической обработки детали) (C) | руб.     | 500                  | 510               | Повысилась незначительно |

*Задача:* Технолог анализирует два возможных варианта перехода объекта из состояния 1 в состояние 2. Его цель – выбрать лучший и запустить его в производство. Исходные данные для расчетов представлены в таблице 1. Выполнены необходимые расчеты. Полученные значения технико-экономических показателей по двум возможным вариантам изготовления изделия (детали) представлены в таблице 2.

Таблица 2

## Результаты расчетов

| №  | Наименование показателя   | Ед. изм. | Значение показателя              |                          | Резюме  |
|----|---|----------|----------------------------------|--------------------------|---|
|    |   |          | Вариант 1                        | Вариант 2                |   |
|    | Оборудование  |          | Универсальные станки             | Программный центр        |   |
|    | Количество станков  | шт.      | 4                                | 1                        | Сократилось на 3  |
| 1  | Время механической обработки детали (Т)   | ч        | 2                                | 0,25                     | Снизилось в 8 раз   |
| 2  | Количество обрабатываемых деталей в год (N)   | шт.      | 1000                             | 1000                     | Без изменения   |
| 3  | Стоимостные расходы на производство (себестоимость механической обработки детали) (С)                         | руб.     | 500                              | 510                      | Повысились незначительно  |
| 4  | Уровень <i>затратности</i> (размер стоимостных расходов в час) УЗ   | руб./ч   | $=500/2=250$                     | $=510/0,25=2040$         | Повысился в силу использования дорогостоящего оборудования                          |
| 5  | Годовой экономический эффект <i>от снижения себестоимости</i> (Э)   | руб.     | $Э=(500-510) \cdot 1000= -10000$ |                          | Получен отрицательный годовой экономический эффект <i>от снижения себестоимости</i> |
| 6  | Величина стоимости, по которой производится реализация изделия производством (С <sub>р</sub> )                | руб.     | 550                              | 550                      | Без изменения   |
| 7  | Уровень <i>доходности</i> – стоимость продажи изделия, отнесенная ко времени его изделия (УД)                 | руб./ч   | $=550/2=275$                     | $=550/0,25=2200$         | Повысился почти в 10 раз  |
| 8  | Размер прибыли с детали (П <sub>д</sub> )   | руб.     | 50                               | 40                       | Примерно одинаковый   |
| 9  | Уровень <i>прибыльности</i> (размер прибыли с производства изделия в час) (УП)                                | руб./ч   | $=50/2=25$                       | $=40/0,25=160$           | Возрос в несколько раз  |
| 10 | Приведенная годовая прибыль при условии загрузки станка аналогичными деталями в две смены (П <sub>год</sub> ) | руб./г.  | $=25 \cdot 4000=100000$          | $=160 \cdot 4000=640000$ | Возросла в несколько раз  |

Проанализируем результаты таблицы 2.

1. Время обработки детали Т снизилось в 8 раз. Это произошло за счет сокращения основного времени обработки Т<sub>о</sub> и вспомогательного времени Т<sub>всп</sub>. Причины сокращения времени при переводе на комплекс следующие:

– как правило, на импортном программном комплексе используют инструменты с режущими свойствами, превосходящими отечественные. Они могут работать на скоростях резания в 3-4 раза выше, чем отечественные быстрорежущие или твердосплавные стандартные инструменты;

– рабочие скорости импортного программного оборудования в несколько раз превышают скорости отечественных станков. Достижимая скорость вращения шпинделя – 10000–20000 оборотов в минуту;

– скорость холостых ходов перемещения режущих инструментов на импортных программных центрах достигает 20 м/мин. На отечественных программных станках – до 10 м/мин. За счет этого при обработке на центрах снижается время перемещений инструментов;

– на программных станках исключаются отдельные приемы работы, которые присутствуют на универсальной обработке и входят во вспомогательное время. Например, отсутствуют измерения детали в процессе обработки, настройка на размеры методами пробных проходов и др. Вспомогательное время для программной обработки снижается.

2. Количество станков уменьшилось. Несколько универсальных станков заменил обрабатывающий центр. Несмотря на то что программный станочный комплекс является крупногабаритным и имеет значительную мощность, в силу сокращения числа станков, скорее всего, уменьшатся производственная площадь  $S_{пр}$  ( $m^2$ ) и расходы на электроэнергию (в кВт и в руб.).

3. Себестоимость механической обработки  $C$  повысилась на 10 руб. По традиционной методике экономического обоснования это говорит о неэффективности 2-го варианта. Расчетный экономический эффект от снижения себестоимости здесь численно равен:

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) \cdot N = (500 - 510) \cdot 1000 = -10000 \text{ руб.}$$

По данному результату часто делают вывод о том, что перевод с универсальной обработки на программный центр является убыточным. Однако этот вывод является сомнительным, что будет доказано далее.

Интересен показатель, который в п. 4 таблицы 2 обозначен как *уровень затратности*, – стоимостные затраты на производство за один час. Этот показатель характеризует уровень затратности технологического решения. При сравнении разных технологических решений, связанных с изготовлением одного объекта, безусловно, то из них будет менее затратным для производства, при котором величина затратности будет меньше. Однако *уровень затратности не характеризует степень эффективности технологического решения по полученной в результате прибыли*. Рассмотрим, как обстоит дело с определением доходных показателей, которые и будут, в конечном счете, характеризовать степень эффективности выбранного технологического решения.

4. Для определения доходных показателей нужно знать величину прибыли с одного производимого изделия. Для этого нужно знать величину стоимости изделия, по которой оно реализуется производством.

Распространен случай, когда технолог не знает величину стоимости изделия (детали), по которой она реализуется производством. А его совместная работа с экономистом не налажена. Это существенно усложняет нахождение технологом эффективных производственных решений, и такое препятствие, по нашему мнению, может быть преодолено за счет компьютерного взаимодействия разных служб в решении данной задачи. Локальная сеть имеется на большинстве предприятий, и ее необходимо активно и грамотно использовать для решения подобного рода оптимизационных задач, особенно таких, от которых зависят в конечном счете получаемые предприятием прибыли.

Для упрощенного расчета используем данные по вероятной прибыли, используя значение средней нормы прибыли в процентах от себестоимости. Средняя норма прибыли по изделиям может быть задана экономистами для технологгов укрупненно. Пусть средняя норма прибыли от производства детали ( $\Pi_d$ ) ориентировочно составляет 10% ее себестоимости  $C$ . Тогда расчетная прибыль от производства детали будет равна:

$$\Pi_d = 0,1 \cdot C.$$

Для изделия, изготовленного по первому технологическому варианту, прибыль составит:

$$\Pi_{d1} = 0,1 \cdot C = 0,1 \cdot 500 = 50 \text{ руб.}$$

По второму технологическому варианту:

$$\Pi_{d1} = 0,1 \cdot C = 0,1 \cdot 510 = 51 \text{ руб.}$$

Так как деталь по первому варианту изготавливается в течение времени  $T_1=2$  ч, а по второму –  $T_2=15$  мин (0,25 ч), то уровень прибыльности УП (прибыль в час от производства этих деталей) составит:

по первому варианту:

$$УП_1 = \Pi_{d1}/T_1 = 50/2 = 25 \text{ руб./ч;}$$

по второму варианту:

$$УП_2 = П_{д2}/T_2=51/0,25=204 \text{ руб./ч.}$$

Таким образом, прибыль, получаемая от производства деталей за час, увеличилась более чем в 8 раз. Предположим, что производство работает в две смены. Тогда годовой фонд времени работы оборудования  $F$  составит:

$$F=8 \cdot K_{см} \cdot D,$$

где  $K_{см}$  – коэффициент сменности;  $D$  – число рабочих дней в году.

Как правило, машиностроительное производство в случае использования дорогостоящего оборудования эффективно, когда работает в две смены. Тогда коэффициент серийности для нашей задачи равен  $K_{см}=2$ . Среднее число рабочих дней примем равным  $D=250$  дн.

Тогда годовой фонд времени работы оборудования составит:

$$F=8 \cdot 2 \cdot 250 = 4000 \text{ ч.}$$

Предположим, что в течение года на данном программном комплексе будут обрабатываться подобные детали, ранее изготавливаемые на универсальном оборудовании. Предположим также, что для этих деталей время сократится примерно так же. Тогда суммарная приведенная годовая прибыль составит:

$$П_{год} = П_{ч} \cdot F.$$

По первому варианту:

$$П_{год1} = П_{ч1} \cdot F = 25 \cdot 4000 = 100000 \text{ руб.};$$

по второму варианту:

$$П_{год2} = П_{ч2} \cdot F = 204 \cdot 4000 = 816000 \text{ руб.}$$

Таким образом, годовая прибыль от производства деталей увеличится более чем в 4 раза.

Увеличение годовой прибыли составит  $816000 - 100000 = 716000$  руб.

Рассмотрим случай, когда величина стоимости изделия, по которой оно реализуется производством, известна и составляет 550 руб. Полученные расчетные результаты представлены в таблице 2.

Тогда прибыль с одного изделия, если его изготовить по первому варианту, составит  $550-500=50$  руб. По второму варианту изготовления она тогда составит  $550-510=40$  руб. Прибыль с одного изделия для второго варианта ниже на 10 руб. Однако изделие по первому варианту изготавливается в течение 2 ч. Тогда прибыль от его производства в час составит  $50/2=25$  руб. Эта величина, безусловно, характеризует эффективность выбора технологического решения с позиции приносимой прибыли. За смену (за 8 ч) приведенная прибыль будет в 4 раза больше – 100 руб. Приведенная прибыль в год при двухсменной работе составит  $25 \text{ руб.} \cdot 4000 \text{ ч} = 100000 \text{ руб.}$

Для выбора второго технологического решения изготовления изделия прибыль в час составит  $40/0,25=160$  руб. В смену –  $160 \cdot 8=1280$  руб. Приведенная годовая прибыль –  $160 \cdot 4000=640000$  руб.

Таким образом, по прибыльности второе решение выгоднее. Расчетное увеличение годовой прибыли составит для производства  $640000-100000=540000$  руб.

Расчеты доказывают эффективность использования программного центра для изготовления деталей. Исходные значения для задачи взяты случайно. Цель – проиллюстрировать расчет для обоснования технологических решений. Реальные исходные значения могут быть такими, что рост годовой прибыли может составить миллионы рублей при полученных отрицательных значениях годового экономического эффекта от снижения себестоимости детали. Обоснование технологических решений по величине значения годового эффекта от снижения себестоимости может использоваться в массовом и в крупносерийном производствах. Однако в нашем случае производство является многономенклатурным. Рассчитаем загрузку деталями нашего программного комплекса. Коэффициент загрузки оборудования

$$K_3=T_{занятое}/F,$$

где  $T_{занятое}$  – общее время, занятое обработкой деталей на станке;  $F$  – годовой фонд времени (по расчетам  $F = 4000$  ч).

Если время обработки детали по условию составляет 0,25 ч, а в год деталей изготавливается 1000 шт., то  $T_{\text{занятое}}$  составит  $0,25 \cdot 1000 = 250$  ч.

Тогда коэффициент загрузки программного центра будет равен:

$$K_3 = T_{\text{занятое}} / F = 250 / 4000 = 0,0625.$$

В процентах это 6,25%.

Возникает вопрос – как можно критерием эффективности перевода деталей на программный центр считать значение *годового* экономического эффекта от снижения себестоимости, если загрузка центра этими деталями составляет 6%?

Методика обоснования технологических решений по полученному значению годового экономического эффекта от снижения себестоимости могла до недавнего времени использоваться в мелко- и среднесерийном производстве, но в том случае, когда там использовалось недорогое универсальное оборудование или программное на базе универсального.

В настоящее время на машиностроительное производство пришли дорогостоящие высокоскоростные программные центры, оснащенные инструментальными магазинами с большим числом высокостойких инструментов, противошпинделями, радиальными обрабатывающими головками, обладающие 4-5 координатами и др. Это привело к необходимости сравнивать между собой технологические решения, разительно отличающиеся как по времени, так и по стоимостным затратам. Обоснование технологических решений по относительным критериям, отнесенным к программам выпуска (годовой экономический эффект от снижения себестоимости) показало их несостоятельность. Для обоснования должны рассматриваться критерии, отнесенные ко времени изготовления изделия, в нашем случае – уровень прибыльности УП (руб./ч), то есть получаемая прибыль с производства изделия в час. Обоснование технологических решений по такому критерию является правильным и подтверждается приведенными в статье расчетами.

#### Библиография

1. *Батурич В.Н.* Оптимизация решений в задачах проектирования многономенклатурных производств: монография. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2012. – 148 с.
2. *Батурич В.Н.* Целевые функции для технологических решений // Сб. ст. междунар. науч. конф. «Механика – 2012». – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2012.
3. *Батурич Д.В., Батурич В.Н.* Экономическое обоснование технологических решений при использовании дорогостоящего оборудования. – Вологда: Изд-во ВолГТУ, 2012.

#### Bibliography

1. *Baturin V.N.* Optimization of Decisions in Design Tasks of Multiproduct Manufactures: The monograph. – Ulan-Ude: Publishing House of ESSUTM, 2012. – 148 p.
2. *Baturin V.N.* Objective functions for technology solutions // The collection of papers of the international scientific conference «Mechanics 2012». – Ulan-Ude: ESSTU Publishing House, 2012.
- Baturin D.V., Baturin V.N.* Feasibility study of Technology Solutions for the Use of Expensive Equipment. – Vologda: VolSTU Publishing House, 2012.