

# **Анализ эффективности потоков технологических операций**

**А.В. Ефимов**

Ключевые слова: Анализ эффективности потоков; технологические операции.

## **1. Исходная ситуация. Особенности классического потокового анализа**

Классический потоковый анализ [1] рассматривает по отдельности потоки каждого из перемещающихся в рассматриваемой системе вещества, энергии и информации. В более поздних работах [2, 3] рассматривается весь комплекс существующих в системе потоков с их преобразованиями, однако в обоих случаях оценивается количество вещества, энергии или информации, передаваемых в каждом потоке. Такой подход позволяет оценить и при необходимости усовершенствовать эффективность (кпд) использования отдельно каждого из этих потоков по критерию "соотношение полезного результата к количеству используемых ресурсов".

Этого оказывается вполне достаточно для решения задач по снижению себестоимости продукции выпускаемой рассматриваемой технической системой или технологическим процессом. Однако такой подход не позволяет решать целый класс задач по повышению производительности. Более того, в ТРИЗ в настоящее время нет единого инструмента, приспособленного для решения этих задач.

## **2. Суть предложения.**

Предлагается расширить область применения классического потокового анализа на решение задач повышения производительности технологических процессов и технических систем. Для достижения этой цели предлагается:

1) К рассматриваемым в традиционном потоковом анализе потокам вещества, энергии и информации добавить поток технологических операций. Такое объединение разнородных потоков представляется в достаточной степени обоснованным, так как любая технологическая операция представляет собой единый поток вещества, энергии и информации.

2) Количественную оценку потоков операций производить по продолжительности потоков во времени (Таблица 1).

3) Внести незначительные дополнения, расширяющие трактовку основных механизмов закона.

Таблица 1

Сравнение существующего классического и предлагаемого анализа потоков

Осн. Хар-ки	Классический анализ эффективности потоков	Анализ потоков технологических операций
Цель анализа	Повышение эффективности использования рассматриваемых потоков	Повышение производительности технологических процессов или технических систем
Улучшаемый параметр	Соотношение полезного результата и использованных ресурсов	Сокращение времени выполнения полного технологического цикла
Объект анализа	По отдельности потоки каждого вида вещества, каждого вида энергии и каждого вида информации	Протекающий во времени поток технологических операций
Рассматриваемые параметры	Количество каждого вида переносимого вещества, энергии и информации	Продолжительность каждой работы, входящей в рассматриваемый поток

### 3. Особенности практического применения предлагаемого метода

#### 3.1. Термины и определения

Для использования Закона повышения эффективности использования потоков при анализе потоков операций, классическая формулировка Закона не требует каких-то изменений: "Закономерность развития технических систем, содержащих потоки вещества, энергии и информации, заключающаяся в том, что в процессе развития происходит повышение эффективности использования этих потоков". Предлагается лишь несколько расширить трактовку повышения эффективности, понимая под этим в частности и сокращение длительности этих потоков во времени.

В анализе потоков операций используются практически все основные термины традиционного потокового анализа [1] с небольшими изменениями формулировок некоторых из них (Таблица 2)

Таблица 2

Термины и определения

Термин	Определение
Поток технологических операций	Совокупность технологических операций, составляющих технологический процесс, или процесс функционирования технической системы, характеризуемая длительностью и взаимным расположением операции во времени: последовательное (поочередное) или параллельное (одновременное)
Бутылочное горлышко	Технологическая операция, обрабатывающая меньшее число изделий в единицу времени, чем остальные операции, выполняемые с ней последовательно, или имеющая продолжительность, большую чем у остальных операций, выполняемых с ней параллельно
Застойная зона	Потери времени, связанные с паузами в выполнении одной или нескольких технологических операций и вызванные наличием Бутылочных горлышек в операциях выполняемых с ней параллельно
Паразитный поток	Исправительная операция, предназначенная для исправления дефектов или других нежелательных явлений, образовавшихся в ходе выполнения предшествующих операций
Серая зона	Операция, в которой влияние технологических параметров на её длительность не поддается расчету и прогнозированию и в которой эти параметры обычно подбирают эмпирически

3.2. Механизмы закона применительно к потокам технологических операций

При анализе исходного технологического процесса или исходной ТС для выявления их недостатков, а также при решении задач по устранению этих недостатков применимы почти все основные механизмы традиционного потокового анализа [1] с некоторыми уточнениями в отдельных случаях (Таблица 3)

Таблица 3

Некоторые механизмы закона применительно к потокам операций

Механизм закона	Комментарий
-----------------	-------------

Механизм закона	Комментарий
Снижение количества преобразований потока	Так как любые преобразования потоков опасны потерями не только вещества и энергии, но и времени, то переход от потока, имеющего много преобразований, к однородному потоку в полной мере применим и для потоков операций
Преобразование потока	Переход от операций с низкой производительностью к более производительным
Модификация потока для повышения проводимости	
Сокращение длины потока	Переход от последовательного к параллельному выполнению операций
Устранение "бутылочных горлышек"	Увеличение производительности операций, которые "тормозят" весь процесс
Придание потоку функций другого потока	Если операция дополнительно берет на себя функции другой операции без увеличения длительности выполнения, вторая становится ненужной и суммарная производительность увеличивается
Использование одного потока в качестве переносчика второго	
Передача нескольких однородных потоков по одному каналу	
Полное или частичное выведение потока за пределы системы	Например, повышение производительности за счет использования готовых комплектующих, поставляемых извне
Устранение "застойных зон"	Устранение простоев в технологическом процессе за счет устранения бутылочных горлышек или изменения последовательности выполнения операций
Сложение нескольких однородных потоков	Запараллеливание операций - вместо одной операции с высокой производительностью - несколько однотипных, менее производительных, но выполняемых одновременно

#### 4. Практический пример выполнения анализа потоков операций

##### 4.1. Описание исходного технологического процесса

Требуется повысить производительность конвейерного технологического процесса, в ходе которого непрерывное изделие

бесконечной длины проходит последовательную обработку на нескольких рабочих станциях, работающих одновременно.

Каждая станция выполняет одну или несколько операций на неподвижном изделии, после чего изделие перемещается на расстояние равное расстоянию между станциями (Рисунок 1).

#### 4.2. Анализ потоков операций

При потоковом анализе исходного процесса были построены две модели, характеризующие рассмотрение процесса с двух разных точек зрения:



Рисунок 1. Схема исходного технологического процесса.

1. Одна линейная цепочка операций, выполняемых последовательно, одна после другой над одним элементом изделия в процессе перемещения его с одной станции на другую (Рисунок 2);

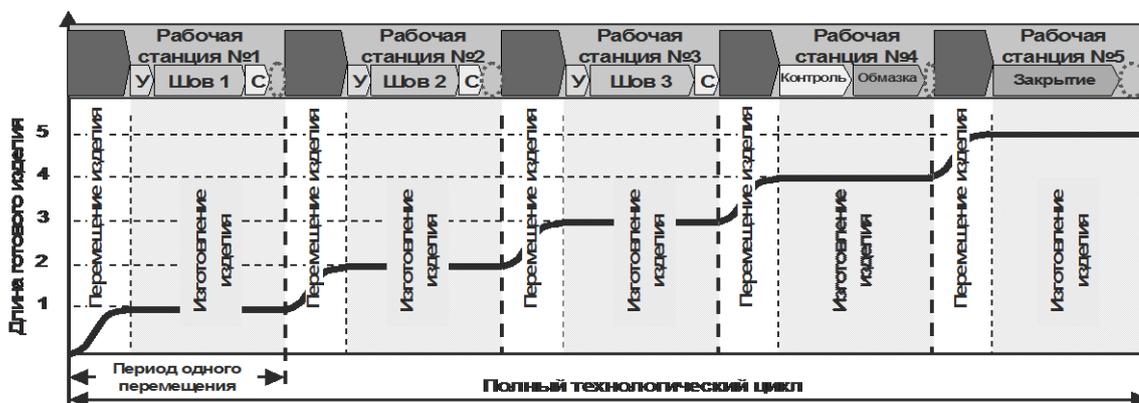


Рисунок 2. Модель в виде цепочки последовательно выполняемых операций

2. Несколько параллельных цепочек операций, выполняемых одновременно в каждый момент времени на всех рабочих станциях (Рисунок 3).

В результате анализа были выявлены следующие недостатки исходного процесса:

Процесс содержит большое количество преобразований потока:

- операции перемещения изделия многократно чередуются с операциями изготовления (Рисунок 2); в результате имеет место большое количество фаз разгона и торможения изделия, что существенно снижает среднюю скорость перемещения и увеличивают его длительность;

- при выполнении однотипных операций "Шов 1", "Шов 2", "Шов 3" производится установка оборудования (операции "У" Рисунок 2) перед каждой из них и снятие оборудования ("С") после окончания каждой до начала операции очередного перемещения;

Процесс, объединяя в себе как последовательную, так и параллельную организацию потоков операций, вобрал в себя все недостатки, присущие каждой из этих схем:

- наличие потоков большой длины как при последовательной схеме (Рисунок 2);

- наличие "Бутылочных горлышек" в виде операции "Шов 3", имеющей наибольшую продолжительность, как при параллельной схеме (Рисунок 3);

Как для параллельной схемы в процессе выявлены застойные зоны, выделенных пунктирными овалами (Рисунок 3), в которых на всех рабочих станциях, кроме третьей, происходит простой в ожидании завершения работы на станции № 3 и очередного перемещения изделия

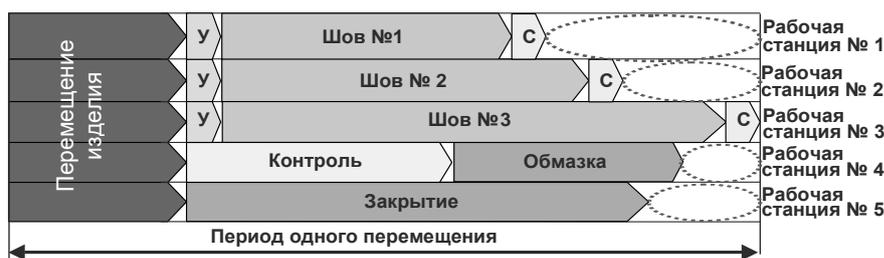


Рисунок 3. Модель в виде нескольких параллельных цепочек

#### 4.3. Решение выявленных проблем с помощью потокового анализа

Использование потокового анализа на концептуальном этапе позволило найти решения проблем, выявленных в ходе анализа.

Ниже (Таблица 4, Рисунок 4 - Рисунок 6) приводится краткий обзор основных использованных механизмов и некоторых, полученных с их помощью решений.

Таблица 4

Основные решения, полученные с помощью механизмов закона

Использованные механизмы закона	Полученные решения	Рис.
Устранение Застойных зон, Снижение количества преобразований потока, сложение потоков	На каждой рабочей станции последовательно выполнять все операции производственного цикла, изделие перемещать один раз после окончания цикла сразу на длину всей линии.	Рисунок 4
Сокращение длины потока	Перейти от последовательного выполнения операций изготовления и перемещения изделия к параллельному (одновременному)	Рисунок 5

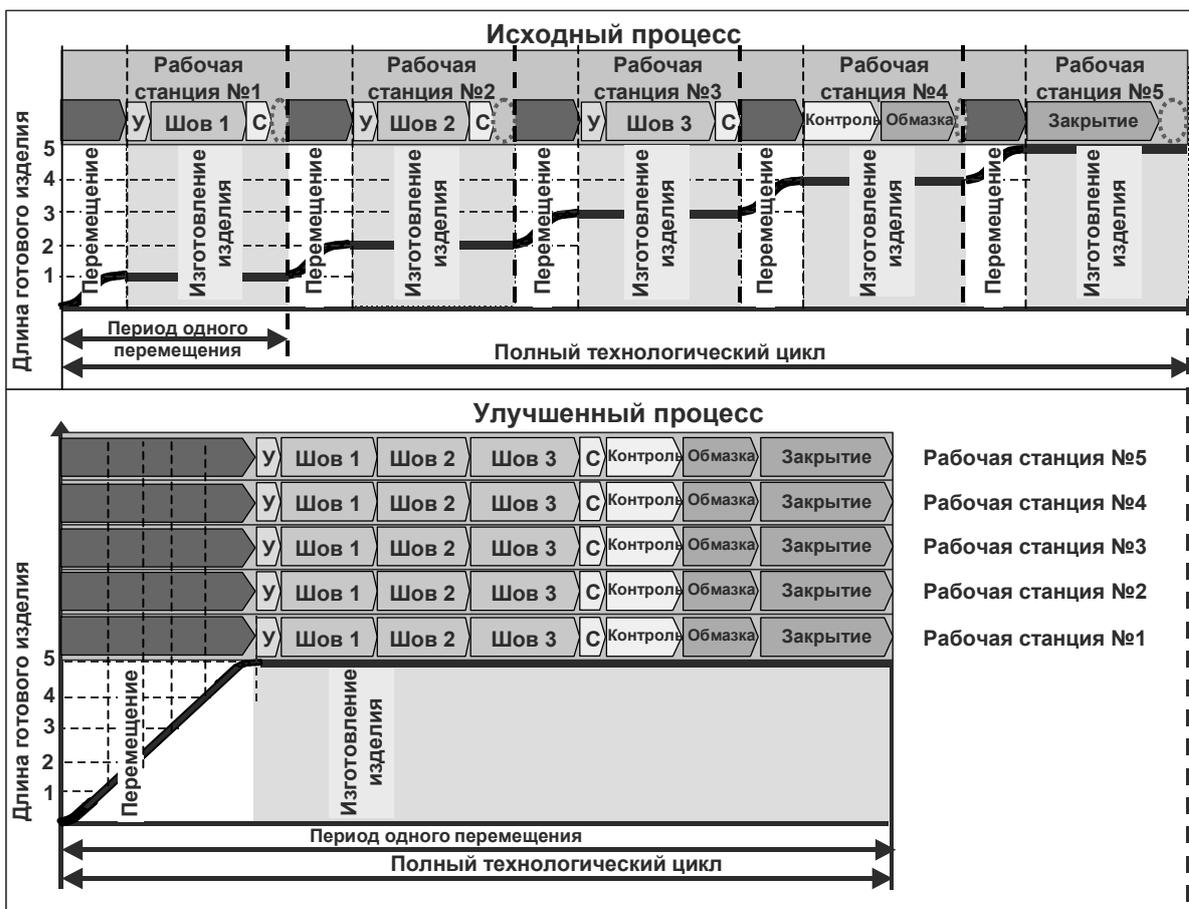


Рисунок 4. Полное устранение всех "Застойных зон", снижение преобразований и сложение однородных потоков

## Выводы

Использование предлагаемой методики позволило повысить производительность рассматриваемого процесса более чем на 40%.

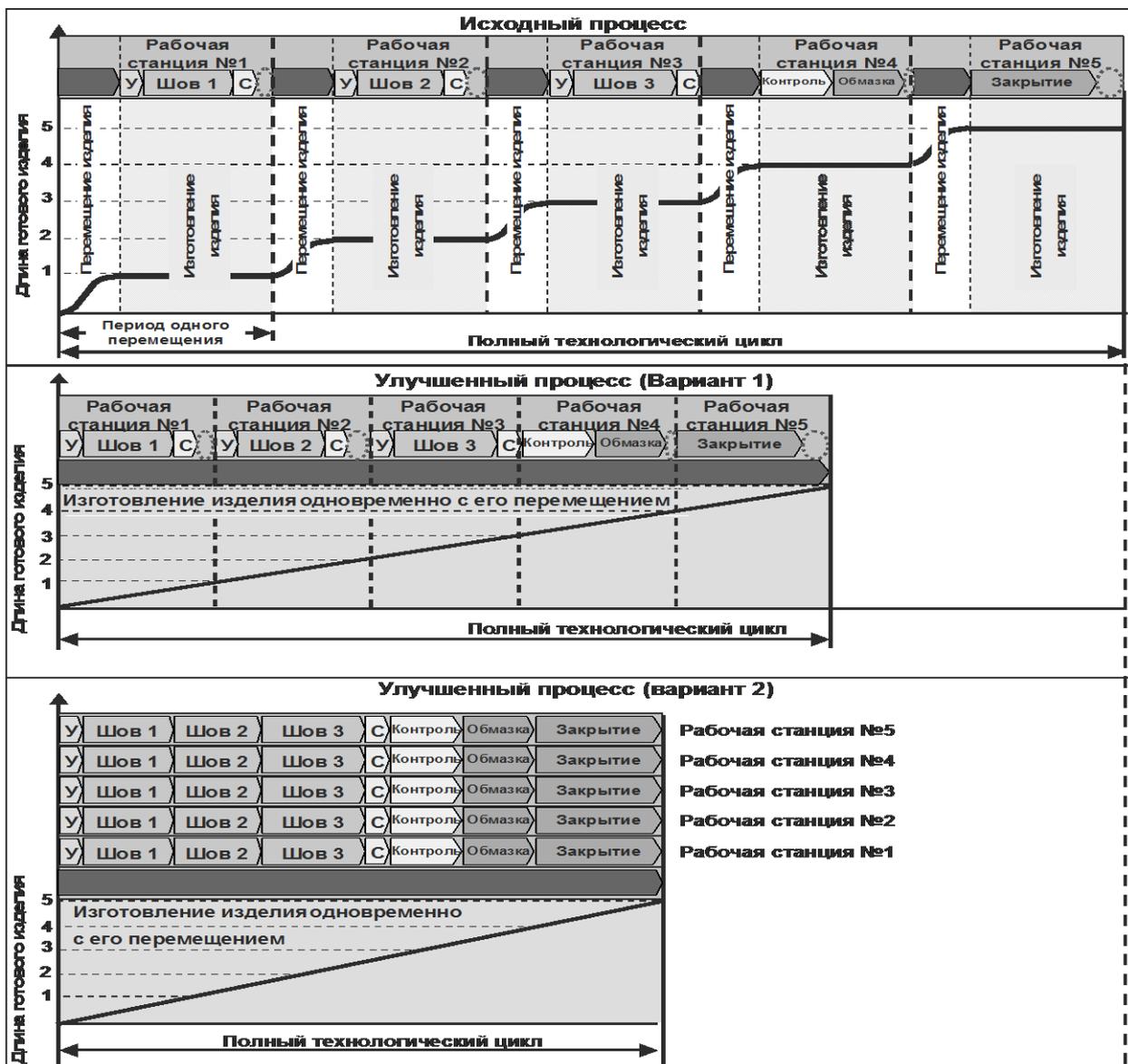


Рисунок 5. Одновременное изготовление и перемещение изделия

## Список литературы

1. Любомирский А., Литвин С. Законы развития технических систем. GEN3 Partners 2003, <http://www.metodolog.ru/00822/00822.html>
2. Кашкаров А.Г., Вещественно-энергетические преобразования в ТС. Методика построения и анализа моделей./ Диссертация на соискание звания «Мастер ТРИЗ», июль, 2008г, <http://www.triz-summit.ru/ru/section.php?docId=3967>

3. Кашкаров А.Г., Релевантные модели ТС. Алгоритм построения и анализ./  
Конференция ТРИЗ-Фест 2009 г.